

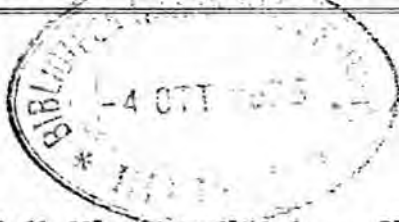
BIBLIOTECA
NAZIONALE
/ ITT. EMAN.ATTI
UFFICIALI

11

12

ISPETTORATO DEL GENIO

DIREZIONE SUPERIORE DEL SERVIZIO STUDI ED ESPERIENZE DEL GENIO



Bollettino radiotelegrafico del R. Esercito

SOMMARIO:

- G. GIORGI — Le unità elettriche (*continuazione e fine*).
 A. PINCIROLI — Calcolo dei parametri dell'oscillatore di un ricevitore a supereterodina con un solo comando di sintonia.
 F. GALOTTI — Un modulatore per uso di laboratorio.
 D. GILIBERTI — Proposta di norme per il collaudo dei radioricevitori e dei radiogoniometri (*continua*).

Condizioni per l'anno 1935

(Volume di oltre 240 p.)

Nel Regno d'Italia e Colonie

Abbonamento	L. 12
Un numero separato	» 3
Abbonamento ridotto per ufficiali e assimilati	» 8

Nei paesi dell'Unione postale

Abbonamento	Franchi oro 10
Un numero separato	» » 2

Inviare l'importo a mezzo vaglia alla DIREZIONE DELL'ISTITUTO MILITARE SUPERIORE DELLE TRASMISSIONI. - Viale Mazzini, 10 - ROMA (149).

:: La direzione del **Bollettino** non risponde delle opinioni
esprese dagli autori che abbiano firmato o contrassegnato
i loro scritti. :: :: :: :: :: :: :: :: ::

:: I manoscritti non si restituiscono. :: :: :: ::

:: Gli articoli pubblicati vengono retribuiti. Ogni autore
ha inoltre diritto a **25** copie gratuite di estratti, se trattasi
di articoli inediti, e a **10** negli altri casi; volendone mag-
giore quantitativo, l'Autore dovrà comunicarlo tempestiva-
mente, e le copie in più saranno conteggiate al costo di
stampa. :: :: :: :: :: :: :: :: :: ::



ISPETTORATO DEL GENIO
DIREZIONE SUPERIORE DEL SERVIZIO STUDI ED ESPERIENZE DEL GENIO

Bollettino radiotelegrafico del R. Esercito

Diretto dal Gen. L. SACCO

Le unità elettriche.

(Continuazione e fine, vedi n.° 4 e 5, 1934).

II. - Necessità di una riforma dei sistemi classici

SOMMARIO: — Si mettono in evidenza le diverse irrazionalità che viziano i sistemi classici di unità. La prima è quella del 4π , messa in evidenza dagli autori inglesi della fine del secolo scorso. Ma le altre e più gravi sono quelle della derivazione unilaterale di tipo alternativamente "elettrstatico" ed "elettrmagnetico", le quali portano a non riconoscere la quarta unità fondamentale, o a prendere come tale l'una o l'altra delle due costanti dello spazio libero. Solamente con l'abbandonare queste posizioni si può costruire un sistema che sia interamente razionale, cioè simmetrico, soddisfacente ai requisiti metrologici, e composto tutto con unità di grandezza conveniente.

1. - Le obiezioni contro la sistemazione tradizionale delle unità elettriche e magnetiche incominciarono con una lettera di Oliver LODGE alla *Nature* di Londra, 28 luglio 1892, ove si faceva osservare che il 4π onnipresente nelle equazioni di elettricità vecchio stile proveniva da una convenzione inappropriata e non dalla natura delle cose. Il richiamo fu raccolto da O. HEAVISIDE; questi designò come unità "irrazionali", quelle derivate dalle

formule col 4π , e con una vivace campagna sulle colonne di *The Electrician* ⁽¹⁾ si fece propugnatore della "razionalizzazione", e fu presto seguito da altri nomi di tanta autorità come FITZGERALD, FLEMING, LARMOR, e simili.

Il principio informatore della razionalizzazione è questo: - Una carica elettrica, un polo magnetico, non sono altro che "sorgenti", di flusso, elettrico e magnetico rispettivamente. Ora, in idrodinamica e nella vita comune, la potenza di una sorgente si misura dalla sua portata totale: invece i fondatori della elettromatematica hanno combinato le equazioni in modo tale che viene assunto come misura di una carica o di un polo il valore del vettore induzione a distanza uno; e ne segue che il flusso totale emanato da un centro elettrico o magnetico viene misurato da 4π volte l'intensità del centro stesso. Il risultato è che il fattore 4π si insinua in tante relazioni dove non intervengono cilindri nè cerchi nè sfere; manca invece là dove la natura geometrica delle cose lo suggerirebbe.

Per esempio, nei trattati classici, come risultato di una dimostrazione non elementare, viene insegnato un teorema di GAUSS, secondo cui un primo membro che dà il flusso totale elettrostatico uscente da una superficie chiusa, espresso sotto forma di integrale di superficie, viene eguagliato a un secondo membro $\Sigma 4\pi m_i$, essendo m_i le cariche racchiuse nell'interno. È un enunciato di aspetto complesso che dà allo studioso l'impressione di avere appreso qualche cosa di recondito. Ma se l'intensità di ogni carica si misura in base alla sua portata, non occorrono rigiri, e basta paragonare il campo elettrico a quello di un fluido incompressibile per comprendere che la portata totale uscente da una superficie chiusa deve essere uguale alla somma di tutte le portate delle sorgenti racchiuse nell'interno.

Nello stesso modo, si usa dimostrare che, traversando uno strato elettrico di densità superficiale σ , la componente normale del vettore di campo si incrementa di $4\pi\sigma$; e ciò attraverso ragionamenti infinitesimali, non accessibili elementarmente. Con

(1) Articoli riprodotti in *The Electromagnetic Theory*, di O. HEAVISIDE, Vol. I, London 1893.

unità razionalizzate, la deduzione è ovvia a tutti; similmente riesce pure ovvio che presso la superficie di un conduttore in equilibrio il vettore di campo, normale, ha il valore σ , (e non più $4\pi\sigma$) perchè l'unità di superficie contiene sorgenti la cui portata ha appunto il valore σ stesso.

Se prendiamo un condensatore il cui dielettrico abbia l'area S , lo spessore s , e il potere dielettrico ϵ , l'antica elettrostatica ci insegna, sempre attraverso integrazioni, che la capacità è espressa da $\frac{\epsilon}{4\pi} \frac{S}{s}$; questo avviene anche se il condensatore è quadrato, per cui quel 4π che appare lì quasi misteriosamente, sembra legato a qualche recondita proprietà dei "fluidi elettrici". Ma in unità razionalizzate, la capacità di un condensatore si comporta matematicamente come la conduttanza di un tronco di circuito, e viene espressa da $\epsilon \frac{S}{s}$ il che è ben naturale. Per contro la capacità di un conduttore sferico immerso in un dielettrico infinito di potere induttore ϵ , viene espressa nelle antiche formole da ϵR , in quelle razionalizzate da $4\pi\epsilon R$; e qui è proprio giustificato che il 4π compaia, perchè si tratta di un corpo sferico. È da notare poi, che nelle formole di tipo classico manca quella dualità fra elettricità e magnetismo che è tanto utile per ricordare le diverse relazioni: la permeanza di un tronco di circuito magnetico corrisponde dualmente alla capacità di un condensatore, ma la seconda si scrive col 4π , la prima no.

Similmente, nelle due leggi circuitali: in un campo elettromagnetico, la forza magnetomotrice indotta lungo una linea chiusa, secondo le trattazioni classiche veniva uguagliata a 4π volte la somma delle correnti (o la derivata del flusso totale elettrostatico rispetto al tempo) abbracciate dalla linea; ma nell'enunciato duale, relativo alla forza elettromotrice indotta lungo una linea chiusa, figura a secondo membro la derivata del flusso magnetico senza il moltiplicatore 4π . Questa mancata corrispondenza sembra additare una dissimmetria intrinseca fra fenomeni elettrici e magnetici, dissimmetria che invece non esiste. Razionalizzando le equazioni, la dualità appare completa, e le due equazioni circuitali si scrivono entrambe senza 4π .

Altro esempio: quando si ha un solenoide indefinito, con filo conduttore percorso da corrente $= i$, e con n spire per unità di lunghezza, la trattazione classica insegna che la forza magnetica lungo l'asse ha il valore $H = 4\pi ni$. Qui il 4π non proviene dalla sezione circolare del solenoide, perchè figura ugualmente anche quando la sezione è quadrata: si presenta anche qui come legato misteriosamente alla natura intima dell'elettricità. Ma, in unità razionalizzate, la forza magnetica al centro è misurata da $H = ni$, e questo si presenta ben naturale come conseguenza della prima legge circuitale elettromagnetica, perchè, ad ogni unità di lunghezza che si percorre lungo l'asse, la somma delle correnti oltrepassate è eguale ad ni .

Più incomprensibile di tutte, nella trattazione matematica antica, si presenta la relazione intrinseca nell'interno di una sostanza magnetica: questa si scrive:

$$B = H + 4\pi I$$

e lo studioso a questo punto rinuncia a cercare di "vedere", perchè il 4π figuri come coefficiente in uno solo dei tre termini, risulta a lui in evidenza solo da un ragionamento complicato; ed è pressochè impossibile dedurre, nello schema antico, quella formula, a chi possenga solo una cultura elementare.

Gli esempi si potrebbero moltiplicare. Ma basta confrontare la trattazione matematica dell'elettricità fatta dagli antichi trattatisti, MAXWELL stesso incluso, con quella che ha esposto HEAVISIDE dopo aver fatto tesoro del suggerimento di LODGE, per vedere come la presentazione si semplifica quando si razionalizza. Negli antichi trattati si parte dalle formole di azione a distanza, scritte nella forma mm'/r^2 tanto per l'elettricità quanto pel magnetismo, e si arriva a stabilire le equazioni che interessano la pratica solo dopo centinaia di pagine di trattazione matematica, con passaggi al limite, equazioni differenziali, integrazioni per parti, etc., con ridda dissimmetrica di 4π e di 2π quasi in ogni formola; conveniamone pure, questa trattazione è ostica anche allo studente universitario, e inaccessibile a quello di scuole inferiori; non è visualizzabile alla mente di nessuno.

Nella trattazione razionalizzata di HEAVISIDE (*Electromagnetic*

Theory, Vol. I Ch. II), si arriva rapidamente e semplicemente alle relazioni che interessano, attraverso poche pagine di considerazioni geometriche ovvie, accessibili a tutti: le formole si presentano simmetriche e semplici; e gli artifici di matematica superiore intervengono solo quando si tratta di calcolare fenomeni complicati.

Ma non resisto alla tentazione di riportare qualcuna delle frasi con cui HEAVISIDE, concludendo la sua inimitabile "*Outline of electromagnetic connections*", discute la questione della razionalizzazione:

§ 90 (*The eruption of "4π", s*): "Il lettore avrà osservato
" che le equazioni adoperate da me in tutto quanto precede diffe-
" riscono da quelle in uso in tutte le trattazioni matematiche dello
" stesso soggetto, in un certo rispetto (fra gli altri), in quanto che
" la costante 4π , che usualmente appare in modo così ingom-
" brante, è rimasta cospicua per la sua assenza. Questa costante 4π
" era pensata in passato come una parte essenziale di tutte le
" teorie elettriche e magnetiche. Uno dei più antichi risultati
" a cui lo studente di elettromatematica veniva iniziato nei giorni
" pre-maxwelliani era la legge di COULOMB sulla relazione tra
" la densità di uno strato elettrico su un conduttore e l'intensità
" della forza elettrica presso la sua superficie, e cioè:

$$E = 4\pi\sigma$$

" e siccome questo veniva dimostrato con le matematiche, sem-
" brava che il 4π avesse una parte essenziale fra due quantità
" fisiche, cioè l'elettricità e la forza che essa esercitava su altra
" elettricità. Non mai un accenno veniva dato che il 4π era pura-
" mente convenzionale..... Il teorema di GAUSS.....
" relativo al flusso di forza magnetica uscente da una superficie
" chiusa..... veniva dedotto come conseguenza necessaria
" delle proprietà della funzione potenziale e delle sue derivate, e
" dei tre coseni di direzione della normale a un elemento di
" superficie. Tutto questo era bizzarro, molto bizzarro. Ma come
" mai il 4π fosse riuscito a trovare la via per entrarvi dentro,
" era un indovinello. Lo stesso doveva dirsi della formola:

$$\mu = 1 \div 4\pi k$$

“ dove μ è la permeabilità, k è la suscettività di una sostanza
“ magnetica. Questo mistero oscuro veniva ricoperto dalla mate-
“ matica.....
“

§ 91 (*The origin and spread of the eruption*). “ L’origine
“ dell’assurdità del 4π sta nella sapienza dei nostri antenati,
“ - proprio letteralmente. La legge dei quadrati inversi delle di-
“ stanze essendo riconosciuta,..... cioè

$$F = a q_1 q_2 / r^2$$

“ che cosa sembrava più naturale di assumere la costante
“ a uguale all’unità?..... I nostri antenati non potevano vedere
“ nel futuro..... nè accorgersi come il loro sistema sarebbe
“ andato a concludere con assurdità..... Ma la legge del-
“ l’energia elettrostatica $= K E^2 / 8\pi$ e quella dell’energia magne-
“ tica $= \mu H^2 / 8\pi$ per unità di volume, doveva poi essere suffi-
“ ciente per proclamare ad alta voce che vi era qualche cosa
“ radicalmente fuori via nel sistema che conduceva a questi modi
“ di espressione.....”

E seguono in HEAVISIDE i paragrafi:

“ § 92. - *The cure of the disease by proper measure of the*
“ *strength of sources.*

“ § 93. - *Obnoxious effects of the eruption.*

“ § 94. - *A plea for the eruption by the radical cure.*

“ § 95. - *Rational versus irrational electric poles.*

“ § 96. - *Rational versus irrational magnetic poles.*

Ora, non voglio privare più oltre il lettore del piacere di leggere le argute considerazioni dell’autore inglese nell’originale. Ma nemmeno intendo portare la mia ammirazione verso il contenuto della sua *Electromagnetic Theory* oltre un certo limite. HEAVISIDE nel § 94 citato, preconizza come “cura radicale,, il sostituire tutte le unità elettriche, assumendo un nuovo volt, un nuovo ampère, etc. i quali differiscano dagli antichi secondo fattori come $\sqrt{4\pi}$, 4π , $\sqrt{(4\pi)^{-1}}$, e così via. E qui ho sentito di discostarmi da lui, come egli si era discostato dai predecessori. Il

cambiamento ideato era troppo radicale per la pratica, troppo poco per la teoria. Nella pratica, già al 1891, le unità elettrotecniche erano troppo introdotte in uso, e si erano troppo bene dimostrate di grandezza comoda, per poter pensare a sostituirle con altre assai differenti. Nella teoria, HEAVISIDE aveva considerato solo una delle irrazionalità dei sistemi tradizionali, e non le altre. Eppure, dallo stesso suo schema teoretico, le altre irrazionalità venivano in evidenza.

* * *

2. — Secondo me, il biasimo principale da rivolgere contro i sistemi di misure antico tipo, non era il 4π , ma l'aver voluto derivare tutte le unità elettriche da tre unità meccaniche fondamentali, e ciò seguendo alternativamente o lo schema di derivazione detto "elettrostatico", o quello detto "elettromagnetico", incompatibili fra loro. E non è un'irrazionalità più grave di quella del 4π l'aver voluto costruire un sistema assoluto (il che dovrebbe voler dire anche unico, tipico, esente da arbitrio), per poi biforcare questo sistema in due altri, e derivare poi ancora un sistema pratico, che si concreta in certi valori di unità o in certi altri secondo che ci si attiene alle definizioni teoriche originali o a quelle "internazionali", così come abbiamo fatto vedere nell'articolo precedente? Se si costruisce un sistema assoluto, non è forse per avere un sistema unico, e ben fissato, adatto per tutti gli scopi ed esente dalle arbitrarietà? Perchè mai i fisici devono dunque nella teoria insegnare simboli ed equazioni basate sul sistema C. G. S., quando poi nel loro laboratorio misurano in volt e in ampere, e le loro cassette di resistenza sono tarate in ohm? L'ohm viene definito come 10^9 unità elettromagnetiche C. G. S., ma l'ohm che si adopera non è quello, è l'ohm dei campioni internazionali.

Proseguendo: non è forse un assurdo ricavare le dimensioni della resistenza elettrica come quelle di una velocità, nel sistema elettromagnetico, e come quelle reciproche di una velocità nel sistema elettrostatico? E chi non vede come sono incomode, complicate e inutilmente difficili a ricordare le formole dimen-

sionali scritte in quei due sistemi classici? Nei tempi andati, si credeva che quelle relazioni dimensionali insegnassero qualche recondito segreto sulla natura della elettricità; lo stesso come il 4π . Ma nè la resistenza equiparata a una velocità, nè le formole come $\mu = 1 + 4\pi k$ insegnavano nulla sulla natura intima dei fenomeni elettrici: quelle assimilazioni dimensionali altrettanto come i coefficienti 4π disseminati nelle equazioni non provenivano dalle proprietà degli elettroni; provenivano solo dalle convenzioni artificiali introdotte nel legare le unità le une con le altre.

Un secolo fa vi era un indirizzo di pensiero “meccanicista”. Si sperava di spiegare i fenomeni elettrici e magnetici per via meccanica. Nel campo meccanico, la derivazione di tutte le grandezze e dimensioni da tre fondamentali, lunghezza, massa e tempo, era riuscita con successo, nei primi tempi: e come GAUSS aveva esteso questo principio di derivazione alle entità elettriche e magnetiche, si riguardava questo come una conquista sulle incognite del mondo fisico. Il dover ricavare tutto dalle fatidiche $[L]$, $[M]$, $[T]$, sembrava quasi un dogma naturale: una trinità doveva dettar legge sulla scienza fisica. Dopo qualche tempo, si cominciò a riflettere che le formole dimensionali non traducono nulla di radicato nella natura delle cose: sono il risultato di convenzioni. Probabilmente, fu proprio il conflitto tra dimensioni del sistema elettrostatico e dimensioni del sistema elettromagnetico quello che fece gradualmente riconoscere la verità in questo soggetto. Anche la fondazione $[L]$, $[M]$, $[T]$ si riconobbe non essere obbligatoria. MAXWELL, THOMSON e TAIT avevano mostrato come le unità fondamentali meccaniche si possono ridurre a due, facendo intervenire con un coefficiente prefissato la legge di gravitazione. Reciprocamente, si vide che era questione di convenzione attribuire o no una dimensione fisica sua propria alla grandezza “angolo”, e riguardare o no un lavoro e un momento di una coppia come grandezze omogenee.

Nei fenomeni termici, la temperatura, e forse anche qualche altra grandezza, si presentavano come non riducibili a $[L]$, $[M]$, $[T]$; lo stesso avveniva nel campo della fotometria. D'altra parte, la prospettiva di dare una spiegazione meccanica ai fenomeni elettrici era dileguata. *A un certo momento, sono stati tutti d'accordo nel*

riconoscere opportuno che le dimensioni fisiche delle grandezze elettriche vengano espresse introducendo una quarta fondamentale, oltre le tre dimensioni meccaniche dei sistemi classici.

Con questo, la teoria delle grandezze elettriche acquista una semplicità e chiarezza che mancavano nelle costruzioni dimensionali di tipo antico: i riavvicinamenti artificiosi spariscono. Ritenuto che la quantità di elettricità non sia da riguardare come una combinazione di entità meccaniche, indichiamo con $[Q]$ la sua dimensione fisica, considerata come irriducibile e fondamentale al pari delle $[L]$, $[M]$, $[T]$. Sulla base di queste quattro fondamentali, le dimensioni delle altre grandezze elettriche e magnetiche si esprimono senza complicazioni, perchè risulta:

$$[\text{intensità di corrente}] = [Q T^{-1}]$$

$$[\text{voltaggio}] = \left[\frac{\text{lavoro}}{Q} \right] = [M L^2 T^{-2} Q^{-1}]$$

$$[\text{resistenza}] = \left[\frac{\text{voltaggio}}{\text{corrente}} \right] = [M L^2 T^{-1} Q^{-2}]$$

e così di seguito, senza esponenti frazionari nè formole difficili. Con la stessa semplicità, prendendo un'altra grandezza elettrica qualunque come quarta fondamentale, risultano le dimensioni di tutte le altre espresse in funzione di quella. E quei ravvicinamenti assurdi, come una resistenza uguagliata a una velocità, una capacità equiparata a una lunghezza, e simili, non si vedono più: scompare soprattutto l'assurdo più grande, che è il vedere dimensioni espresse per via elettrostatica e per via elettromagnetica, diverse fra loro.

Da che cosa provenivano quegli assurdi? Dall'aver nelle formole di COULOMB riguardato il coefficiente di proporzionalità quale un numero puro. Impressionati dal successo della meccanica astronomica, gli scienziati pensavano di edificare tutti i rami della fisica su formole di attrazione e repulsione in funzione della distanza. Quindi per l'elettricità assumevano come dato di partenza la legge dell'azione meccanica riscontrata fra due sferette di sambuco elettrizzate:

$$f = k \frac{q q'}{r^2}.$$

Nel fare così andavano anche oltre il modello astronomico, perchè l'analogia legge di attrazione gravitazionale non si usava scriverla senza coefficiente: si erano anzi riconosciute al k newtoniano le sue dimensioni fisiche, e un valore assai diverso da uno: e invece il k elettrostatico si pensò di porlo uguale all'unità, tanto dimensionalmente quanto come valore numerico: questo precisamente è il principio informatore del sistema *elettrostatico* di misure.

Analogamente, l'attrazione o repulsione fra due poli magnetici si scriveva:

$$f = h \frac{m m'}{r^2}$$

e si assumeva $h = 1$ per ricavare il sistema *elettromagnetico* di misure. Ma era da rimarcare che nel sistema elettromagnetico il k della formola elettrostatica riusciva molto diverso dall'unità e dotato di dimensione fisica; reciprocamente lo stesso accadeva pel coefficiente h della formola magnetica quando veniva valutato nel sistema elettrostatico. Non era questa una ragione valida per additare che entrambi i sistemi erano impostati artificiosamente, e che una sistemazione ragionevole si sarebbe ottenuta solo rinunciando insieme alla fondazione elettrostatica e a quella così detta elettromagnetica?

* * *

3. - Distaccandomi dal pensiero di HEAVISIDE, io veggio in tutto quanto ora detto una irrazionalità ben più grave di quella del 4π . Essa è quella che conduce alla scissione fra unità elettrostatiche e unità elettromagnetiche; conduce a quelle assimilazioni dimensionali tanto depredate; conduce a quelle formole di dimensione così complicate, con gli esponenti frazionari, che fanno perdere tempo invece che venire in aiuto all'elettrotecnico; e conduce infine alle unità di valore eccessivamente grande ed eccessivamente piccolo, che poi costringono ad adoperare un terzo "sistema pratico", mediante multipli e sottomultipli.

Che cosa succederebbe in meccanica se si scrivesse la formola di attrazione universale senza coefficiente? Fissata l'unità di lunghezza e di tempo, p. es. il centimetro e il secondo, si ricave-

rebbe come unità derivata quella di massa, ma avrebbe un valore enorme, inservibile per gli usi pratici, ed anche mal conoscibile perchè le esperienze di attrazione fra corpi consentono una precisione ben mediocre; si dovrebbe allora in pratica scegliere un sottomultiplo, e dovendo standardizzarlo, riuscirebbe diverso dalla definizione teorica; ed è appunto quello che è accaduto per le unità elettrotecniche. I cultori di meccanica hanno avuto saviezza di assumere arbitraria l'unità di massa, e lasciare che nella formola di attrazione newtoniana figurasse un coefficiente con le dimensioni fisiche che risultano in conseguenza, e con un valore che si determina sperimentalmente con quella approssimazione che è possibile. In elettricità e magnetismo vi è maggior ragione di far così, perchè le "costanti", di attrazione coulombiana diversificano da mezzo a mezzo, ciò che non è per la costante di gravitazione.

Ora comprendiamo qual'è il significato fisico dei principi fondamentali dei due sistemi classici di misure. Una quarta unità elettrica fondamentale entra esplicitamente in ogni sistema. In quello elettrostatico si viene ad assumere implicitamente come quarta unità fondamentale la costante k dello spazio-etero libero; in quello elettromagnetico si assume invece la costante h pure dello stesso mezzo. È del tutto inopportuno far così, perchè le misure fatte su quelle costanti non consentono grado di precisione sufficiente, perchè si tratta di due posizioni incompatibili fra loro e soprattutto poi perchè vi è ogni ragione di attribuire a quelle costanti dei valori molto diversi dall'unità.

Perchè la velocità della luce c ha un valore così elevato (rispetto alle grandezze con cui l'uomo nella sua vita ha che fare)? Perchè la rigidità elettrostatica e la rigidità magnetostatica dell'etero rappresentate da quei coefficienti k , h , sono molto elevate. Poichè

$$c = 4\pi \sqrt{hk}$$

segue che ad h , k non si può attribuire simultaneamente un valore piccolo; se si pone $h = 1$ (sistema elettrostatico) risulta k di grandezza enorme; se si prende $k = 1$, si ha h di enorme grandezza. È più naturale riconoscere a entrambi i coefficienti un valore elevato.

Il prof. BOTTANI mi suggerisce questo argomento: riconosciamo noi che lo spazio libero (etere) si può caricare di energia? Certamente sì, tanto in forma elettrostatica, quanto in forma magnetica; l'attitudine a caricarsi di energia (paragonabile alla elasticità di una molla) è una proprietà fisica misurabile e come tale deve essere riconosciuta: quindi h , k non devono essere riguardati come puri. E per giudicare quale valore conviene attribuire ad essi, pensiamo ad un cubo di etere di dimensioni unitarie, e assoggettiamolo a una differenza di potenziale elettrico di grandezza paragonabile a quella che noi produciamo nei nostri laboratori; la quantità di energia immagazzinata in quel cubo è allora estremamente piccola, ed è per questo che conviene attribuire a quel coefficiente che deve misurare la rigidità elettrostatica dell'etere un valore assai grande. Ripetendo lo stesso ragionamento pei fenomeni magnetici, lo stesso si deduce per la rigidità magnetica, ma confrontando l'ordine di grandezza delle energie ricavabili si riconosce che h deve essere riguardato come molto superiore a k . Lo spazio-etere libero ha una cedevolezza molto piccola per le azioni magnetiche, ma molto più piccola ancora per quelle elettrostatiche. In un sistema razionale di unità di misura, queste relazioni devono risultare in evidenza.

Con questi ragionamenti, noi veniamo a dichiarare svantaggioso anche il sistema di GAUSS-HERTZ il quale assicura la simmetria col mantenere insieme $h = 1$, $k = 1$, ma introducendo in cambio un coefficiente (c = velocità della luce) nelle due equazioni circuitali; questo è bensì un sistema razionale, adatto per certe speculazioni teoriche, ma non proponibile per la pratica, appunto perchè le due posizioni $h = 1$, $k = 1$ conducono a unità derivate di grandezza inaccettabile.

* * *

4. - Ed ora, ecco quali sono le formole di partenza nei diversi sistemi:

a) Nel sistema elettrostatico si aveva come punto di partenza la formola delle azioni elettrostatiche scritta così:

$$f_1 = \frac{q q'}{r^2}.$$

b) In quello elettromagnetico si aveva invece quella delle azioni magnetostatiche:

$$f_2 = \frac{m m'}{r^2}.$$

c) HEAVISIDE proponeva la correzione del 4π e riconosceva la legittimità della quarta dimensione addizionale; ma voleva conservare il fondamento di tipo "elettromagnetico"; quindi si fondava sulla formola di azione magnetica scritta in quest'altra forma:

$$f_2 = \frac{1}{4\pi\mu} \frac{m m'}{r^2}$$

facendo però la convenzione che unità di misura della permeabilità μ fosse la permeabilità-tipo μ_0 dello spazio libero.

d) e) Nei sistemi che ora vengono impropriamente insegnati come "elettrostatico", ed "elettromagnetico", e che io chiamerei "elettrostatico ibrido", ed "elettromagnetico ibrido", si scrive rispettivamente:

$$f_1 = \frac{1}{\varepsilon} \frac{q q'}{r^2}$$

ovvero:

$$f_2 = \frac{1}{\mu} \frac{m m'}{r^2}$$

e si riconosce dimensione fisica ai coefficienti, ma si continua ad assumere come unità l'una o l'altra delle due costanti dell'etere.

f) Nel sistema di GAUSS-HERTZ, che è contemporaneamente elettrostatico ed elettromagnetico, si pone insieme:

$$f_1 = \frac{q q'}{r^2}, \quad f_2 = \frac{m m'}{r^2}$$

(oppure le stesse formole col divisore 4π), ma si introduce un coefficiente fisico nelle formole che danno la f. e. m. indotta e la f. m. m. indotta.

Orbene: la proposta che feci nel 1901, e su cui è fondato il sistema $MKS\Omega$ (metro, chilogrammo-massa, secondo, ohm) che ora si tratta di adottare, è addivenire a una costruzione definitivamente razionale, abbandonando tanto la derivazione elettrostatica quanto la elettromagnetica. Cioè, le due formole coulombiane, accetto di scriverle, in conformità di HEAVISIDE, così:

$$f = \frac{1}{4\pi\epsilon} \frac{qq'}{r^2} \quad ; \quad f = \frac{1}{4\pi\mu} \frac{mm'}{r^2}$$

ma non intendo adoperarle come fondamentali, e non intendo assumere quale quarta unità, nè la ϵ nè la μ dello spazio libero. Assumo invece come quarta fondamentale una qualunque delle unità elettrotecniche in uso.

Per mantenere tutte le altre unità elettrotecniche attuali, che sono legate col watt, bisogna che il watt sia l'unità di potenza tanto meccanica quanto elettrica; quindi, restando sempre fermo il secondo come unità di tempo, quelle di lunghezza e di massa devono essere compatibili col watt: non più dunque il centimetro e il grammo, ma una qualunque di queste coppie:

centimetro e decatonnellata
decimetro e quintale
metro e chilogrammo.

Senza nessun dubbio, l'ultima coppia è quella da preferire; così si ha il vantaggio di ritornare ai campioni originari del sistema metrico, a quelli che sono effettivamente conservati a Sèvres.

Si costruisce allora un sistema che è esente da tutte le complicazioni e da tutte le pastoie dei sistemi elettrostatici ed elettromagnetici, che ha tutte le unità derivate di grandezza conveniente per l'uso, che conduce a formole dimensionali semplici e comode; e infine soddisfa al requisito metrologico di avere come fondamentali le unità di quelle grandezze che sono suscettibili della più esatta conservazione e riproduzione. Soltanto con questo ultimo requisito si evita che le definizioni delle grandezze abbiano un valore teorico diverso da quello pratico, e che si scindano ulteriormente.

Per questi motivi, e per l'aderenza ai dettami della teoria

scientifica come concepita oggi, credo giustificato il titolo di “Unità razionali di elettromagnetismo,, che detti alla mia prima comunicazione, nel 1901.

Nell'articolo che segue passo a illustrare il sistema nelle singole unità. Si vedrà che queste non sono unità nuove, ma praticamente tutte unità già in uso; per cui adottandolo si viene a sopprimere, non ad aggiungere; si tratta di sistematizzazione di unità esistenti, e abbandono di quelle superflue. Confido quindi che il lettore dividerà con me il giudizio che la riforma proposta non è altro che una semplificazione.

III. - Costruzione del sistema M. K. S. Ω .

SOMMARIO: — *Dopo aver ripudiato le fondazioni di tipo elettrostatico e di tipo elettromagnetico, risulta il sistema M. K. S. Ω . associando al metro., al kg-massa e al secondo, l'unità ohm o altra qualunque delle unità elettrotecniche pratiche. Si enumerano qui ordinatamente le unità del sistema, prima quelle meccaniche, poi quelle elettriche e magnetiche ripartite in gruppo a seconda che la loro standardizzazione metrologica viene a dipendere direttamente dal campione di resistenza, da quello di voltaggio o da quello di amperaggio. Si danno i valori aggiornati delle diverse unità C. G. S. riferiti alle unità M. K. S. Ω . Infine segue una tabella di valori di costanti fisiche, espresse nel nuovo sistema.*

1. - Dalla critica fatta nell'articolo precedente, ho fiducia di aver fatto emergere questo: che l'irrazionalità delle unità C. G. S. non consiste solamente nè principalmente nel 4π combattuto da LODGE e da HEAVISIDE; una irrazionalità ben più grave è l'aver voluto derivare tutto il sistema dalle tre unità fondamentali meccaniche, secondo una impostazione artificiale del tipo "elettrostatico,, o di tipo "elettromagnetico,,; questa impostazione è il vizio di origine che ha condotto alle formole dimensionali complicate e non naturali; ha condotto a biforcare il sistema C. G. S. in due altri; è stata la causa dei valori tutti scomodi che hanno assunto le unità derivate, inconveniente che poi ha richiesto l'introduzione della terza serie, di unità pratiche; la quale terza serie si è poi ancora biforcata come visto nell'articolo primo, venendo a differire i valori teorici dai valori internazionali delle unità.

Questi sono inconvenienti ben più gravi del 4π , e si rimediano tutti solamente tagliando il male all'origine nel modo che ho indicato; e cioè accettando francamente di costituire un sistema con quattro unità fondamentali: tre meccaniche e una elettrica (a parte le altre unità indipendenti richieste dalla terminologia, dalla fotometria e dagli altri rami speciali della fisica). E la quarta unità non sia una costante dell'etere o altra proprietà specifica, ma sia una grandezza concreta, standardizzabile per mezzo di un campione che deve considerarsi arbitrario e indipendente come lo sono il metro e il chilogrammo degli archivi. L'ohm campione deve

trovare posto a Sèvres insieme coi campioni meccanici. Le unità meccaniche fondamentali del nuovo sistema razionale devono essere, come detto, il metro e il chilogrammo-massa essi stessi, non il centimetro e il grammo; mentre il secondo di tempo solare medio resta sempre come unità di tempo in tutti i sistemi. Siccome il metro e il kg-massa conducono come unità di lavoro e di potenza al joule e al watt, sappiamo che da una qualunque delle unità elettrotecniche in uso se ne deducono tutte le altre. Si hanno infatti queste relazioni che le collegano, parallele a quelle, già ricordate, che legano dimensionalmente le grandezze elettriche:

$$\text{amp} = \text{coulomb/secondo}$$

$$\text{volt} = \text{watt/amp}$$

$$\text{ohm} = \text{volt/amp}$$

$$\text{farad} = \text{secondo/ohm}$$

$$\text{henry} = \text{secondo} \times \text{ohm}.$$

Come nel dominio del C. G. S. si aveva un sistema elettrostatico assoluto e un sistema elettromagnetico assoluto, qui si viene ad avere un sistema *elettrotecnico assoluto*. È assoluto perchè da quattro unità fondamentali arbitrarie discendono tutte le altre, seguendo le relazioni additate dalle equazioni in uso; e al fondamento elettrostatico o a quello elettromagnetico, è stato sostituito il principio di avere unità coincidenti con quelle adoperate nella pratica elettrotecnica. A differenza dei sistemi antichi, tutte le unità derivate sono di grandezza conveniente per la pratica; e questo si deve non solo all'aver rinunciato ad eguagliare all'unità l'una o l'altra costante dello spazio-etere, ma anche all'aver tenuto come unità meccaniche il metro e il chilogrammo anzichè il centimetro e il grammo; questi ultimi conducevano inevitabilmente, come prime unità derivate, alla dina e all'erg, che per la loro incomoda piccolezza non sono mai potute entrare nell'uso pratico. Vi è anche più di un vantaggio nell'aver fatto dipendere la quarta arbitraria da una unità *concreta* materializzabile, anzichè da una grandezza specifica quale una costante dello spazio-etere: si è sottratti così alla incessante vicenda delle difficili "misure assolute", e si evita il conflitto fra la definizione teoretica e quella effettiva delle unità in uso.

Quanto all'espulsione del 4π si può effettuarla in questo sistema senza bisogno di alterare le unità elettrotecniche fondamentali. Con la proposta di HEAVISIDE, il quale voleva "razionalizzare", e mantenere insieme il punto di partenza "elettromagnetico", ciò non era possibile. Ma oso asserire che l'ordinamento proposto da me, è più in accordo con l'essenza della teoria di HEAVISIDE che non quel sistema di unità che egli voleva realizzare. Il tener conto delle "costanti dell'etere", quali grandezze fisiche dotate di dimensioni e suscettibili di misura è proprio un principio rivendicato da HEAVISIDE stesso. Ammettere quel principio porta come naturale conseguenza a svincolarsi dall'obbligo di avere il μ dell'etere uguale all'unità; e il grado di libertà che così si acquista è quello che ha permesso di far coincidere le unità elettrotecniche concrete con quelle "internazionali", già in uso, senza pregiudicare la struttura ulteriore del sistema.

Passiamo ora a esporre ordinatamente le unità del sistema elettrotecnico assoluto, gruppo per gruppo, e a dare i rapporti di trasformazione fra le unità dei due sistemi C. G. S. e quelle nuove.

* * *

2. - Grandezze e unità meccaniche fondamentali.

LUNGHEZZA $[L]$: l'unità è il *metro*, definito dal campione primo di platino-iridio conservato nell'ufficio internazionale di Sèvres. Nel sistema C. G. S. si aveva il centimetro = 10^{-2} metri. È da notare che il centimetro è incomodo perchè troppo piccolo e perchè non d'accordo con l'ufficio che hanno le potenze di 10^3 nel nostro sistema di numerazione. In effetto nessuno si è mai adattato a esprimere distanze di città in centimetri, e chiunque sente dire di una lunghezza come 10^9 cm o 10^{-3} cm, non se ne fa un'idea se non la traduce mentalmente in multipli o sottomultipli millesimali del metro.

MASSA $[M]$: l'unità è il chilogrammo, definito dal campione di platino di Sèvres. Nel sistema C. G. S. l'unità era 10^{-3} kg. Stesse osservazioni come pel metro. Interessa rilevare che anche qui ha prevalso il principio che noi vogliamo adottare per le grandezze elettriche, cioè unità concrete invece che specifiche. In

origine il kg-massa era definito per mezzo del dm^3 di acqua in condizioni tipo, il che equivaleva ad assumere come unità la densità dell'acqua (divisa per 1000): necessità metrologiche hanno obbligato a standardizzare l'unità concreta; e ora la massa di un dm^3 di acqua in condizioni tipo non è più 1 kg esatto.

TEMPO $[T]$: l'unità in tutti i sistemi resta sempre il secondo di tempo solare medio, standardizzato però in funzione dell'anno e non della rotazione diurna della Terra, che è soggetta a lievi perturbazioni.

ANGOLO $[\theta]$. Quando l'angolo si definisce come rapporto tra arco e raggio, è un numero puro. Quando invece si pensa alla possibilità che l'angolo sia misurato in gradi, in radianti o in giri, l'unità di angolo, che per noi è il *radiante*, si presenta come unità concreta, e la sua dimensione $[\theta]$ entra nelle formole dimensionali. Questo sistema di fare intervenire l'angolo fra le dimensioni meccaniche è seguito dagli autori più moderni. Come grandezza concreta, da figurare esplicitamente nelle formole elettriche, è stato felicemente introdotto dal Prof. BOTTANI l'*avvolgimento*, la cui unità sarebbe la *spira* $[S]$; molte volte si acquista chiarezza tenendo anche questa in evidenza, come cosa a parte dall'angolo. Si ricorderà una volta di più che le relazioni dimensionali sono effetto di convenzioni.

ANGOLO SOLIDO $[\omega]$: stesse osservazioni come per l'angolo piano: l'unità comunemente usata è lo *steradiano*, che sottende area uno sulla sfera di raggio uno; ma si può anche usare l'angolo visuale della sfera completa $= 4\pi$ steradiani.

* * *

3. - Grandezze e unità meccaniche derivate.

SUPERFICIE $[L^2]$; l'unità è il *metro quadrato* $= 10^4$ unità C. G. S.

VOLUME $[L^3]$; l'unità è il *metro cubo* $= 10^6$ unità C. G. S.

VELOCITÀ $[L T^{-1}]$; l'unità è il *metro per secondo* $= 10^2$ unità C. G. S.

ACCELERAZIONE $[L T^{-2}]$; l'unità è il *metro per secondo al secondo* $= 10^2$ unità C. G. S. Il valore assoluto dell'accelerazione di gravità a Roma risulta quindi uguale a 9,804; quello della gravità "normale", sarebbe 9,80665.

PORTATA $[L^3 T^{-1}]$; l'unità è il *metro cubo al secondo* $= 10^6$ unità C. G. S.

DENSITÀ $[M L^{-3}]$ intesa come massa specifica o massa per unità di volume; l'unità è il *kg per metro cubo* $= 1000$ unità C. G. S. La densità teorica dell'acqua prende dunque il valore 1000 anziché il valore 1 voluto dai fondatori del sistema C. G. S. Questo non è un inconveniente ma piuttosto un vantaggio; tanto vero che gli ingegneri e i tecnici si riferiscono sempre all'acqua $= 1000$, e non ad 1. Il valore esatto della densità dell'acqua a 4°C a 1 atmosfera normale differisce lievemente però da 1000, a causa della differenza fra il litro e il decimetro cubo; (v. il prospetto finale di valori).

VELOCITÀ ANGOLARE $[0 T^{-1}]$ e *accelerazione angolare* $[0 T^{-2}]$ seguono dalla definizione di angolo.

FREQUENZA $[T^{-1}]$: l'unità è il *periodo al secondo* per la quale è stato proposto, e non ancora sanzionato, il nome di *hertz*.

PULSAZIONE o FREQUENZA ANGOLARE $[T^{-1}]$: l'unità è il *radiante di periodo al secondo* $= \frac{1}{2\pi}$ periodi al secondo.

FORZA (meccanica o ponderomotrice) $[M L T^{-2}]$; l'unità è la forza-peso che si eserciterebbe su un kg-massa in un luogo nel quale l'accelerazione della gravità fosse uguale a 1 m. sec^{-2} (quindi p. es. nell'interno della Terra, a circa 600 km di distanza dal centro); pari circa al peso di 102 grammi alla superficie terrestre. Questa è forse la sola unità nuova di qualche importanza nel sistema proposto. Fino a che non sia deliberato internazionalmente un nome definitivo, la denoteremo col nome di *vis*, proposto dal Prof. PISTOLESI. L'unità C. G. S. = *dina*, ha il valore di 10^{-5} vis.

PRESSIONE meccanica $[M L^{-1} T^{-2}]$, definita come forza per unità di superficie. Unità = *vis per metro quadrato*, pari a 10 volte l'unità C. G. S., detta *baria*.

LAVORO o ENERGIA $[ML^2 T^{-2}]$; l'unità è il *joule* definito dal prodotto di una vis per un metro. È da notare che il joule internazionale definito per via elettrotecnica è superiore di 3 decimillesimi circa a questo joule assoluto o meccanico; e dovrà necessariamente essere corretto. L'unità C. G. S., *erg*, è uguale a 10^{-7} joule.

POTENZA $[ML^2 T^{-3}]$; l'unità è il *watt* o joule per secondo. Stesse osservazioni come pel joule riguardo alla correzione da apportare al watt internazionale. L'unità C. G. S. non ha mai avuto nome, e vale 10^{-7} watt.

MOMENTO DI COPPIA $[ML^2 T^{-2} \theta^{-1}]$; l'unità è il *joule per radiante*, pari a 10^7 unità C. G. S. Quando gli angoli siano considerati come numeri puri, la formola dimensionale va scritta senza θ , e l'unità s'identifica col joule.

QUANTITÀ DI MOTO $[MLT^{-1}]$; l'unità è *vis-sec* = $\text{kg} \frac{m}{\text{sec}}$, pari a 10^5 unità C. G. S.

* * *

4. - Osservazioni complementari.

Senza più dire delle altre unità meccaniche, come *momento d'inerzia*, *tensione di superficie*, *lavoro e potenza per unità di area e di volume*, *momento d'impulso*, *azione*, *rigidità*, *cedevolezza*, *viscosità*, *fluidità*, etc., menzioneremo la *costante di gravitazione* di cui diamo il valore nella tabella finale.

Mentre il sistema assoluto M. K. S. sarebbe destinato a sostituire tanto il C. G. S. quanto il sistema assoluto francese M. T. S. (metro, tonnellata-massa, secondo) in cui l'unità di forza è lo *steno* = 1000 vis, rimarranno probabilmente sempre in uso collaterale, e per alcuni rami della tecnica e dell'uso comune le unità del così detto *sistema degli ingegneri* che è il sistema non assoluto, fondato sul metro, sul kg-peso e sul secondo: in questo gruppo tutte le unità di peso, di massa, di lavoro, di potenza, di pressione, etc sono 9,80 volte quelle assolute M. K. S.; ma il coefficiente 9,80, essendo il valore della gravità, varia da luogo a luogo,

e non deve essere standardizzato per non togliere il pregio pratico al sistema stesso.

* * *

5. - Unità elettriche e magnetiche : osservazioni generali.

Abbiamo già rilevato il principio per cui, una volta che il joule quale unità di lavoro e il watt quale unità di potenza sono già inclusi nel gruppo delle unità meccaniche, si può assumere arbitrariamente una qualunque delle unità elettrotecniche del gruppo pratico perchè conseguono poi tutte le altre. Qual'è l'unità da scegliere come arbitraria e fondamentale? Per l'esposizione della teoria e per la costruzione delle formole dimensionali è abbastanza naturale considerare la quantità di elettricità come grandezza prima, e quindi il *coulomb*, o, ciò che equivale, l'ampere come quarta unità fondamentale. Per l'effettiva standardizzazione metrologica è invece quasi inevitabile doversi riferire al campione *ohm*, perchè l'unità di resistenza è quella che consente conservazione più sicura e riproduzione più precisa (entro $1:10^6$ con gli accorgimenti più moderni; v. parte prima). Ed è per questo che il nostro sistema, secondo il suggerimento di KENNELLY, viene comunemente denotato come "sistema M. K. S. Ω .,.". Con questo si riconosce che l'ohm metrologicamente viene ad essere il riferimento primo, individuato dai campioni di manganina da conservarsi negli archivi (v. parte prima); l'ampere sarebbe allora definito come quella corrente che, percorrendo con intensità costante la resistenza di 1 ohm, sviluppa sotto forma calorifica una potenza equivalente a 1 watt definito per via meccanica; e il coulomb è il prodotto di un amp. per un secondo. In quanto al valore effettivo del campione ohm, poichè noi siamo svincolati dai rapporti obbligati col sistema C. G. S., è consigliabile conservare l'*ohm internazionale*, salvo individuarlo con campioni metallici solidi invece che col mercurio. Il cambiamento da ohm internazionale ad ohm teorico, proposto dalla Commissione metrica internazionale, portando a una variazione di $1:2000$ darebbe luogo a perturbazioni troppo onerose in tutto il mondo; mentre il vantaggio teorico in favore di esso

cambiamento cessa di esistere. Lo stesso però non può dirsi del watt e del joule; queste unità avendo una definizione meccanica, e i valori "internazionali", non coincidendo con essa definizione, la correzione deve essere fatta, come già detto, con una diminuzione di 3 decimillesimi circa. Ne segue che tanto il volt internazionale quanto l'ampere internazionale dovrebbero essere diminuiti di 15 centomillesimi circa, per porli d'accordo con l'ohm internazionale; questo ritocco non porta inconvenienti perchè è inapprezzabile nelle misure; ma l'entità precisa della correzione da fare non si conosce ancora. Questo consiglia per ora a riferirsi ai valori internazionali di tutte le unità.

Di fatto poi, per questo motivo, che l'equivalente elettrico dell'energia non è conosciuto con numero sufficiente di cifre, e per l'altro che nemmeno una determinazione discretamente approssimata di detto equivalente è possibile in un laboratorio comune, il mondo elettrotecnico è stato sempre nella condizione di avere due standardizzazioni autonome per l'ohm e per l'ampere; e così per ora conviene che le cose continuino. L'ohm sarà riferito al campione concreto, l'ampere e il coulomb alla definizione elettrolitica, mentre il volt si determina in funzione dei due; con la riserva che la definizione elettrolitica sarà completata e ritoccata appena nuove misure lo consentiranno. Le unità derivate seguono poi le sorti, alcune dell'ohm, alcune dell'ampere, alcune del volt; e nell'enumerarle, le distingueremo in conformità.

Nello scrivere le formole dimensionali, faremo figurare indifferentemente $[Q]$, quantità d'elettricità, oppure $[A] = [Q T^{-1}]$, amperaggio; scriveremo $[W]$ per lavoro o energia, da valere come abbreviazione di $[ML^2 T^{-2}]$; similmente $[V]$ per voltaggio, da valere come abbreviazione di $[W Q^{-1}]$ ed anche $[R]$, resistenza elettrica, la quale si riguarderà come abbreviazione di $[VA^{-1}]$ sempre che non si voglia considerarlo come dimensione prima, a cui subordinare le altre. Non sembri anormale far figurare simboli dimensionali di grandezze alcune o altre delle quali sono da considerare come derivate; in questo modo si mette meglio in evidenza quali unità dipendono direttamente dall'uno o dall'altro campione.

Per determinare i rapporti esatti fra unità C. G. S. e unità

elettrotecniche, interviene per ognuno dei gruppi uno dei coefficienti (1), (2), (3) citati nella penultima pagina del nostro articolo primo (1).

Ecco dunque le unità M. K. S. Ω ., le loro dimensioni e i valori comparativi che in funzione di esse hanno le unità C. G. S. elettromagnetiche ed elettrostatiche, secondo le misure più recenti.

* * *

6. - Unità elettriche del primo gruppo, standardizzabili cioè direttamente in funzione del campione di resistenza, e che subiranno ritocco o no, secondo che l'ohm attuale verrà conservato o ritoccato.

RESISTENZA ELETTRICA $[R] = \left[\frac{V}{A} \right]$; l'unità è l'*ohm* definibile nel miglior modo per mezzo di un campione metallico da depositare negli archivi, e riproducibile con l'esattezza dell'ordine di 1 milionesimo. L'unità C. G. S. elettromagnetica si ragguaglia a $0,99955 \cdot 10^{-9}$ ohm internazionali; quella elettrostatica vale $0,89832 \cdot 10^{12}$ ohm internazionali.

RESISTIVITÀ $[RL]$; l'unità è l'*ohm-metro*.

CONDUTTANZA ELETTRICA $[R^{-1}] = \left[\frac{A}{V} \right]$; l'unità *ohm*⁻¹ ha ricevuto la denominazione di *mho* ed è in discussione la proposta di adottare il nome *siemens*. L'unità C. G. S. elettromagnetica vale $1,00045 \cdot 10^9$, quella elettrostatica $1,11315 \cdot 10^{-12}$ ohm⁻¹ internazionali.

CONDUTTIVITÀ $[R^{-1}L^{-1}]$; l'unità è l'*ohm*⁻¹ per *metro*.

INDUTTANZA di un circuito elettrico, o coefficiente d'induzione $[RT]$; l'unità è lo *henry*, che anticamente era denominato *secohm* per ricordare che è direttamente ricavabile dall'ohm e dal secondo. I rapporti con le unità C. G. S. sono gli stessi come per l'ohm.

(1) Questo Bollettino, fascicolo del luglio-ottobre 1934, pag. 140.

CAPACITÀ $[R^{-1} T]$; l'unità è il *farad*, definibile come prodotto dell' ohm^{-1} pel secondo. Unità C. G. S. con gli stessi rapporti come per la conduttanza.

CAPACITIVITÀ o capacità specifica, o costante dielettrica, o permittività $[R^{-1} L^{-1} T]$; l'unità è il *farad per metro*. Nei sistemi C. G. S. non coincidono fra loro la capacità con la permittività, perchè differiscono pel fattore 4π . Fermandoci sulla permittività o costante dielettrica: l'unità C. G. S. elettromagnetica si ragguaglia a $0,79613 \cdot 10^{10}$ farad per metro (internazionali); quella elettrostatica vale $8,8584 \cdot 10^{-12}$ nella stessa unità. Come conseguenza, la capacità ϵ_0 dello spazio-etero, nel sistema M. K. S. Ω ., è espressa da questo stesso ultimo valore mentre nel sistema elettrostatico C. G. S. aveva il valore convenzionale:

$$(\epsilon_0) = (4\pi)^{-1} = 0,079\,577 \text{ (numero puro).}$$

Il valore piccolissimo di ϵ_0 espresso in farad per metro sta ad esprimere numericamente quanto asserivamo nell'Art. II, circa alla cedevolezza dell'etero piccolissima per le azioni elettrostatiche: occorrerebbe un voltaggio enorme, espresso da $0,79613 \cdot 10^{10}$ volt, per caricare elettrostaticamente di mezzo joule un metro cubo di spazio-etero. Nel sistema elettrostatico questo fatto era nascosto per avere

assunto convenzionalmente $h = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$ come unità.

* * *

7. - Unità elettriche del secondo gruppo, dipendenti cioè dall'unità di quantità di elettricità, e le cui eventuali fluttuazioni dipenderanno da quelle del coulomb.

QUANTITÀ DI ELETTRICITÀ $[q] = [A T]$. L'unità è il *coulomb*, definibile metrologicamente nel miglior modo col ragguaglio elettrolitico. Attualmente vige il *coulomb internazionale*, definito dal deposito di 1,118 milligrammi d'argento in un voltmetro a nitrato di argento in certe condizioni determinate. Questo dovrà essere meglio precisato in avvenire, ma anche ritoccato, per le ragioni

dette, diminuendolo di 1,5 decimillesimi circa, fino a metterlo in accordo esatto con l'ohm internazionale e col watt meccanico.

L'unità C. G. S. elettromagnetica vale 10,0007 coulomb internazionali, e quella C. G. S. elettrostatica vale $3,3358 \cdot 10^{-10}$ coulomb intern. La carica di un elettrone (unità naturale della fisica atomica) si valuta uguale a $1,592 \cdot 10^{-19}$ coulomb, con l'incertezza di ± 1 per mille.

DENSITÀ SUPERFICIALE DI CARICA $[\sigma]$, SPOSTAMENTO ELETTRICO SPECIFICO $[D]$, INDUZIONE NEL CAMPO ELETTRICO, POLARIZZAZIONE ELETTRICA NEL CAMPO $= [QL^{-2}]$ sono tutte la stessa cosa nel sistema razionale, mentre in quelli non razionalizzati l'induzione era $= 4\pi$ volte lo spostamento. La nostra unità è il *coulomb per metro quadrato*.

DENSITÀ D'ELETTRIZZAZIONE NEL VOLUME $[\rho] = [qL^{-3}]$: l'unità è il *coulomb per metro cubo*.

INTENSITÀ DI CORRENTE ELETTRICA $[A] = [QT^{-1}]$; l'unità è l'*ampere*, rispetto alla quale, e alle corrispondenti unità elettromagnetiche ed elettrostatiche, si ripete quanto è stato detto pel coulomb.

DENSITÀ DI CORRENTE $[iL^{-2}]$; l'unità è l'*ampere per metro quadrato*.

* * *

8. - Unità elettriche del terzo gruppo, dipendenti cioè dalla unità di voltaggio, e le cui fluttuazioni avvenire sono legate alle sorti del volt.

FORZA ELETTROMOTRICE, DIFFERENZA DI POTENZIALE, VOLTAGGIO, $[V, e, E] = [WQ^{-1}] = [ML^2T^{-2}Q^{-1}]$, perchè voltaggio $= \frac{\text{lavoro}}{\text{quantità di elettricità}}$. L'unità è il *volt* definito come joule/coulomb. Attualmente vige il *volt internazionale*, definito quale la caduta di potenziale che si ha quando un ampere internazionale (standardizzato elettroliticamente come sopra) attraversa un ohm internazionale. Dovrà subire le stesse precisazioni e le

stesse correzioni come il coulomb e l'ampere; cioè dovrà essere diminuito di 1,5 decimillesimi circa: e anche questa è una variazione quasi inapprezzabile agli strumenti. Nei laboratori di misura comuni (eccetto in quelli primari) si usa prendere il volt campione non riferendosi all'ohm e all'ampere, ma per confronto con la pila campione *Weston*.

L'unità C. G. S. elettromagnetica vale $0,99962 \cdot 10^{-8}$ volt internazionali, e quella C. G. S. elettrostatica è 299,678 volt internazionali.

FORZA ELETTRICA DI CAMPO = GRADIENTE DI VOLTAGGIO = $[VL^{-1}]$ ha per unità il *volt per metro*. L'unità C. G. S. elettromagnetica è $0,9962 \cdot 10^{-6}$ volt/m (intern.) e quella C. G. S. elettrostatica vale $2,9968 \cdot 10^4$ nella stessa unità.

IMPULSO ELETTROMOTORE = $[VT]$ ha per unità il volt-secondo; le unità C. G. S. hanno gli stessi coefficienti di ragguaglio come per l'unità di voltaggio.

* * *

9. - Unità magnetiche del primo gruppo, cioè standardizzabili direttamente in funzione dell'ohm, al pari delle unità elettriche del primo gruppo. In queste unità si può far figurare o no l'unità di avvolgimento = *spira*, a seconda che noi vogliamo distinguerle o no dalle unità elettriche con cui sono collegate: abbiamo già detto di indicare con $[s]$ la dimensione di questa unità.

PERMEANZA, o **induttanza** di circuito magnetico; dimensione $[RTs^{-2}]$. L'unità è *henry/spira*², ovvero *henry* semplicemente, se si preferisce. Se un circuito elettrico di N spire avvolto su un nucleo magnetico ha l'induttanza elettrica di L henry, la permeanza propria del nucleo, espressa nella nostra unità, è data da L/N^2 . Esse coincidono se $N = 1$. Si può anche dire che l'unità di permeanza è $\frac{\text{ohm} \times \text{secondo}}{\text{spira}}$, il che mette in evidenza il legame con l'*ohm*. Nei sistemi non razionalizzati entra nell'unità un fattore 4π , per cui la formola L/N^2 diviene $L/4\pi N^2$. Tenendo conto di questo, risulta che l'unità C. G. S. elettromagnetica è

$1,25607 \cdot 10^{-8}$ henry internazionali, mentre quella elettrostatica sarebbe $1,1288 \cdot 10^{13}$ henry internaz.

PERMEABILITÀ ASSOLUTA O INDUTTIVITÀ MAGNETICA O COSTANTE MAGNETICA di un mezzo $|\mu|$ ha le dimensioni $[RTL^{-1} s^{-2}]$, e la sua unità è $\frac{\text{henry}}{\text{metro} \times \text{spira}^2}$ ovvero *henry per metro*, se si preferisce. Nei sistemi vecchio tipo si avevano due unità diverse per ognuno, secondo che la costante μ si considerava razionalizzata oppure no. Nel sistema C. G. S. elettromagnetico (che non è razionalizzato) l'unità di μ era l'induttività dell'etere libero, che noi indichiamo con μ_0 , e aveva il valore di $1,25607 \cdot 10^{-6}$ henry/m (internazionali). In quello elettrostatico sarebbe $0,89835 \cdot 10^{14}$ henry/metro, oppure $1,1289 \cdot 10^{15}$ henry/metro, secondo le convenzioni.

RELUTTANZA, essendo la reciproca della permeanza, ha per unità la *spira²/henry*. L'unità C. G. S. elettromagnetica è $0,79577 \cdot 10^8$ spire²/henry (sempre riferite ai valori internazionali).

RELUTTIVITÀ, reciproca della permeabilità assoluta, ha per unità nel sistema nostro il $\frac{\text{metro} \times \text{spira}^2}{\text{henry}}$, mentre l'unità C. G. S. elettromagnetica vale $0,79603 \cdot 10^6$ volte l'unità nostra (nel valore internazionale).

* * *

10. - Unità magnetiche del secondo gruppo, cioè la cui standardizzazione dipende da quella del coulomb e dell'ampere.

FORZA MAGNETOMOTRICE $[M] = [As]$. La nostra unità è semplicemente l'*amp-spira*, che si identifica con l'ampère quando non si tiene conto della spira come unità fisica. L'unità C. G. S. elettromagnetica è il *gilbert* = 0,79583 amp-spire (internaz.). Quella elettrostatica si ragguaglierebbe a $2,65342 \cdot 10^{-11}$ amp-spire internazionali.

FORZA MAGNETICA o INTENSITÀ DI CAMPO DI FORZA MAGNETICA o GRADIENTE DI POTENZIALE MAGNETICO $[H] = [AL^{-1}s]$

ha per unità nel nostro sistema l'*amp-spira per metro*. L'unità C. G. S. *elettromagnetica*, che ha ricevuto il nome di *oersted*, vale $0,795831 \cdot 10^2$ amp-spire (internaz.) per metro. Quella elettrostatica (non in uso) sarebbe pari a $2,65342 \cdot 10^{-9}$ amp-spire (internaz.) per metro.

Quando una forza magnetica H è misurata come spesso si fa, in unità C. G. S. elettromagnetiche, bisogna moltiplicare per 79,583 per avere la misura in amp-spire per metro. Quando invece è espressa in amp-spire per metro, bisogna moltiplicare per 0,01256 per avere la misura in oersted. Le due unità sono di un ordine di grandezza non moltissimo diverso, ma il valore delle unità nostra, fra i due, è il più conveniente per la pratica. Il ferro si avvicina alla saturazione con $H \approx 50$ oersted, pari a circa 4000 amp-spire per metro,

Il permalloy si satura con un H che ha l'ordine di grandezza di 0,3 oersted = circa 24 amp-spire per metro.

* * *

11. - Unità magnetiche del terzo gruppo, cioè la cui standardizzazione dipende da quella del volt.

FLUSSO MAGNETICO $[0] = [VTs^{-1}]$: l'unità del sistema M. K. S. è il *weber* = volt $\times$ secondo/spira, cioè un flusso tale che la diminuzione di esso effettuata in un secondo, induce una f. e. m. di un volt per spira. Si dirà *weber internazionale* in correlazione al volt internazionale: tutte e due destinati allo stesso ritocco, non apprezzabile agli strumenti di misura attuali. L'unità C. G. S. elettromagnetica, a cui fu dato il nome di *maxwell*, vale $0,99962 \cdot 10^{-8}$ weber internaz: quella C. G. S. elettrostatica (non mai usata) si ragguaglia a 299,678 weber internaz. Adoperando l'unità weber, le f. e. m. indotte si hanno in volt dalle formule usuali senza usare il coefficiente di riduzione 10^{-8} . Il weber è dell'ordine di grandezza stesso del flusso che vi è nel nucleo di una dinamo di piccolo modello.

POLO MAGNETICO (entità fittizia): l'unità nostra coincide col weber, perchè il polo magnetico unitario, se esistesse, sarebbe

quello da cui irradia il flusso magnetico di un weber. L'unità C. G. S. elettromagnetica non coincide invece con la corrispondente unità di flusso (maxwell), ma è 4π volte tanto; quindi equivale a $1,25616 \cdot 10^{-7}$ weber internaz.; e quella elettrostatica (non mai usata) varrebbe $3,7658 \cdot 10^3$ weber internaz.

INDUZIONE MAGNETICA $[B] = [\Phi L^{-2}]$: l'unità è il *weber per metro quadrato*, che coinciderebbe esattamente con 10 mila unità C. G. S. elettromagnetiche, se i rapporti fra unità pratiche e unità C. G. S. fossero quelli definiti in origine: è dunque una unità dell'ordine di grandezza del campo d'induzione in un intraferro di dinamo. Esattamente, l'unità C. G. S. elettromagnetica, cui fu dato il nome di *gauss*, corrisponde a $0,99962 \cdot 10^{-4}$ weber (internazionali) per metro quadrato: quella elettrostatica sarebbe $2,99678 \cdot 10^6$ nella stessa unità.

MOMENTO MAGNETICO, cioè prodotto di un polo magnetico per una distanza. La nostra unità è il *weber-metro*. Quella C. G. S. elettromagnetica vale $1,25616 \cdot 10^{-3}$ weber-metro (internazionale); quella elettrostatica (non usata) varrebbe $3,76726 \cdot 10$, nella stessa unità.

INTENSITÀ DI MAGNETIZZAZIONE: nel sistema razionalizzato questa grandezza non si distingue dall'induzione magnetica B , e l'unità è la stessa: *weber per metro quadrato*. Nei sistemi non razionalizzati l'unità di intensità di magnetizzazione è 4π volte l'unità d'induzione; quindi l'unità C. G. S. elettromagnetica vale $3,76726 \cdot 10^7$ weber (internaz.) per metro quadrato; quella elettrostatica varrebbe $1,25616 \cdot 10^{-3}$.

Abbiamo dato così i valori delle principali unità elettriche e magnetiche, dei vari gruppi; le altre unità si ricavano facilmente da quelle elencate.

* * *

12. - Valori caratteristici e importanti di costanti fisiche, espressi nel sistema M. K. S. (sempre con l'ohm internazionale come quarta unità e con tutti i riferimenti fatti ai valori internazionali delle altre unità):

Unità Ångstrom	=	10^{-10} m.		
Diametro dell'atomo	=	$(1 \div 2) \cdot 10^{-10}$ m		
1 micron	=	10^{-6} m		
Lunghezza d'onda della riga rossa del cadmio, a 1 atm. nom. e 0° C,	λ =	$0,643\ 846\ 96 \cdot 10^{-6}$ m		
Litro	=	$1,000\ 027 \cdot 10^{-3}$ m ³		
Anno di luce	=	$9,4614 \cdot 10^{15}$ m		
Parsec	=	$3,0838 \cdot 10^{16}$ m		
Grado medio di latitudine	=	111 136 m		
Quadrante terrestre	=	10 002 288 m		
Giorno solare medio	=	86 400 sec		
Anno civile	=	31 556 929,7 sec		
Kilometro/ora	=	0,277 778 m sec		
Velocità della luce : v.	più oltre.			
Gravità normale, g_v	=	0,80665 (per convenzione).		
Velocità angolare della Terra, ω	=	0,000 072 921 radianti/sec.		
Gal (unità di massa nel sistema degli ingegneri)	=	9,8 kg		
Bar	=	10^6 barie = 10^{-5} vis/m ²		
Atmosfera tecnica	=	$9,8 \cdot 10^4$ vis/m ²		
Atmosfera normale = A_v	=	$10,132\ 50 \cdot 10^4$ vis/m ²		
hp-ora	=	$2,6845 \cdot 10^6$ joule		
kilowatt-ora	=	$3,6 \cdot 10^6$ joule		
Caloria grande	=	4185 joule		
volt-elettrone	=	$1,591 \cdot 10^{-19}$ joule		
hp-elettrico	=	736 watt		
Unità di massa atomica	=	$1,649 \cdot 10^{-27}$ kg		
Massa di un elettrone	=	$9,03 \cdot 10^{-31}$ kg		
Massa della Terra	=	$5,982 \cdot 10^{24}$ kg		
Densità dell'idrogeno a 0° C e 1 A_v	=	0,08987 kg/m ³		
» dell'ossigeno	»	» = 1,4290	» »	
» dell'aria	»	» = 1,2930	» »	
» dell'acqua	4°	» = 999,973	» »	
» del mercurio	0°	» = 13 595,09	» »	

Densità media della terra = $5,522 \cdot 10^3$ kg/m³

Costante di gravitazione (forza attrattiva fra due masse puntiformi di 1 kg ciascuna, poste alla distanza di 1 m; misurata in vis) = $0,6664 \cdot 10^{-10}$

faraday (unità di quantità di elettricità usata in elettrochimica) = $0,964\,94 \cdot 10^5$ coulomb.

Costanti dello spazio-etere (di cui due sole sono indipendenti):

(1) velocità della luce: $c = 2,997\,92 (\pm 0,000\,04) \cdot 10^8$ m/sec

(2) costante dielettrica: $\epsilon_0 = 8,8582 \cdot 10^{-12}$ farad/m

(3) costante magnetica: $\mu_0 = 1,25607 \cdot 10^{-6}$ henry/m

(4) resistenza asintotica: $R_0 = 376,560$ ohm

(5) coefficiente di COULOMB elettrostatico: forza repulsiva in vis, fra due cariche di 1 coulomb alla distanza di 1 metro: $k = 8,9871 \cdot 10^9$ vis

(6) coefficiente di COULOMB magnetostatico: forza repulsiva, in vis, fra due fittizi poli di 1 weber alla distanza di 1 metro: $h = 63\,326,57$ vis

Carica elementare (carica di un elettrone): $e = 1,592 \cdot 10^{-19}$ coulomb

Numero di AVOGADRO = $6,064 \cdot 10^{26}$ (molecole contenute in una molec-kg)

Numero di LOSCHMIDT = $2,705 \cdot 10^{25}$ (molecole per m³ di gas perfetto)

Costante di BOLTZMANN: $k = 1,3704 \cdot 10^{-23}$ joule/grado

Costante di PLANK: $h = 6,547 \cdot 10^{-34}$ joule-sec

Rapporto specifico dell'elettrone: $e/m_0 = 1,7599 \cdot 10^{11}$ coulomb/kg.

GIOVANNI GIORGI.

Calcolo dei parametri dell'oscillatore di un ricevitore a supereterodina con un solo comando di sintonia

SOMMARIO. — Si ricavano le formule per il calcolo dei parametri del circuito dell'oscillatore di un ricevitore a supereterodina a monocomando; è riportato un grafico, calcolato applicando le formule dedotte, che permette di determinare rapidamente, e con sufficiente precisione, il valore dei parametri del circuito, noto il valore della frequenza intermedia e della induttanza del primo circuito di accordo.

1. - Come è noto, nei ricevitori a supereterodina la sintonizzazione su una emissione con onda portante di frequenza f , avviene sintonizzando i circuiti ad alta frequenza, che precedono il primo rivelatore, sulla frequenza dell'onda portante, e l'oscillatore su una frequenza f_o , legata alla f dalla relazione:

$$f - f_o = F$$

in cui F rappresenta la frequenza sulla quale è accordato l'amplificatore a frequenza intermedia.

Il problema del comando unico nei ricevitori a supereterodina è già stato sviluppato in pregevoli studi su questo Bollettino ⁽¹⁾ e pertanto ci limitiamo ad illustrare un metodo particolarmente semplice, per determinare la espressione dei parametri del circuito dell'oscillatore nel caso, che generalmente si presenta, in cui il circuito di ingresso e quello dell'oscillatore abbiano induttanze diverse.

2. - Dati i due circuiti riprodotti in figura 1, uno per l'accordo ed uno per l'oscillatore, si richiede che, essendo identici i due condensatori variabili, la differenza di frequenza propria dei due circuiti sia una quantità predeterminata in corrispondenza di tre punti (tre frequenze di accordo assegnate).

(1) L. SACCO. - Il comando unico nei ricevitori a supereterodina. - *Bollettino Radiotelegrafico del R. Esercito*, - n° 4, 5 e 6 - Anno 1932.

I dati del problema sono: le tre pulsazioni: $\omega_1, \omega_2, \omega_3$, in corrispondenza delle quali si deve avere l'allineamento perfetto; la pulsazione Ω della media frequenza; la induttanza L del circuito di accordo.

Le incognite sono: l'induttanza L_o del circuito dell'oscillatore; la capacità C_o da montare in serie con L_o ; la capacità C_p da montare in parallelo con C_o .

Indicando con ω_o la pulsazione delle correnti che percorrono il circuito dell'oscillatore, con ω quella della corrente che circola

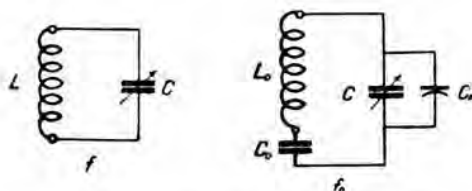


FIGURA 1.

nel circuito di accordo e con L_a la induttanza apparente del gruppo L_o, C_o, C_p , si ha:

$$\omega_o^2 L_a C = \omega^2 L C = 1$$

da cui:

$$L_a = L \cdot \frac{\omega^2}{\omega_o^2}. \quad [1]$$

Questa relazione deve essere soddisfatta in corrispondenza di $\omega_1, \omega_2, \omega_3$, con $\omega_o = \Omega \pm \omega$.

Dalla teoria dei circuiti si ha che:

$$j \omega_o L_a = \frac{1}{j \omega_o C_p} \cdot \frac{\frac{1}{L_o C_o} - \omega_o^2}{\frac{C_p + C_o}{C_p C_o L_o} - \omega_o^2}. \quad [2]$$

Conviene ora fare una trasformazione di variabili; il circuito considerato ha una frequenza di risonanza ed una di antirisonanza che sono due variabili essenziali del problema e che conviene mettere in evidenza ponendo:

$$z = \frac{1}{L_o C_o} \quad y = \frac{C_p + C_o}{C_p C_o L_o} \quad x = L C_p$$

da cui:

$$C_p = \frac{x}{L} \quad [3]$$

$$C_o = \left(\frac{y}{z} - 1 \right) \quad [4]$$

$$L_o = \frac{L}{x(y-z)}. \quad [5]$$

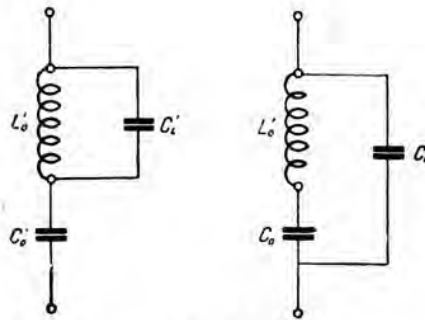


FIGURA 2.

La relazione [2] diviene, tenuto conto anche della [1]:

$$j \omega_o L_a = j L \frac{\omega^2}{\omega_o} = \frac{1}{j \omega_o C_p} \frac{z - \omega_o^2}{y - \omega^2}$$

$$\omega_o^2 = z + \omega^2 x y - \omega^2 \omega_o^2 x. \quad [6]$$

Indicando ora con:

$$\begin{aligned} \alpha_1 &= (\omega_1 + \Omega)^2 & \beta_1 &= \omega_1^2 \\ \alpha_2 &= (\omega_2 + \Omega)^2 & \beta_2 &= \omega_2^2 \\ \alpha_3 &= (\omega_3 + \Omega)^2 & \beta_3 &= \omega_3^2 \end{aligned}$$

si ha:

$$\alpha_n = \beta_n x y + z - \alpha_n \beta_n x \quad n = 1, 2, 3, \dots, n$$

che è il sistema di equazioni da risolvere.

Si ottiene:

$$xy = \frac{\alpha_1 \alpha_3 (\beta_1 - \beta_3) + \alpha_1 \alpha_2 (\beta_2 - \beta_1) + \alpha_2 \alpha_3 (\beta_3 - \beta_2)}{\alpha_1 \beta_1 (\beta_3 - \beta_2) + \alpha_2 \beta_2 (\beta_1 - \beta_3) + \alpha_3 \beta_3 (\beta_2 - \beta_1)}$$

$$x = \frac{-\alpha_1 (\beta_3 - \beta_2) - \alpha_2 (\beta_1 - \beta_3) - \alpha_3 (\beta_2 - \beta_1)}{\alpha_1 \beta_1 (\beta_3 - \beta_2) + \alpha_2 \beta_2 (\beta_1 - \beta_3) + \alpha_3 \beta_3 (\beta_2 - \beta_1)}$$

$$z = \frac{\alpha_1 \alpha_2 \beta_3 (\beta_1 - \beta_2) + \alpha_1 \alpha_3 \beta_2 (\beta_3 - \beta_1) + \alpha_2 \alpha_3 \beta_1 (\beta_2 - \beta_3)}{\alpha_1 \beta_1 (\beta_3 - \beta_2) + \alpha_2 \beta_2 (\beta_1 - \beta_3) + \alpha_3 \beta_3 (\beta_2 - \beta_1)}$$

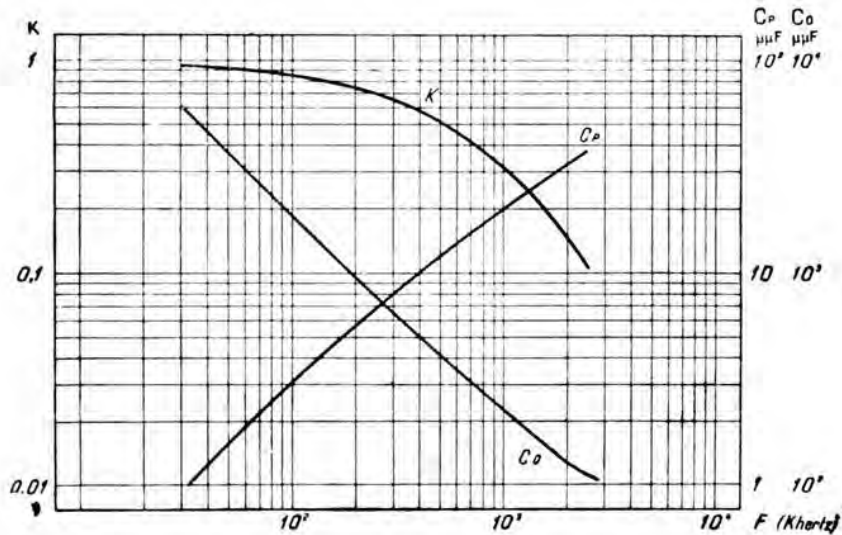


FIGURA 3.

Con queste equazioni, che non sono critiche per il calcolo, si possono ottenere le incognite intermedie x , y , z , e da queste il valore dei parametri del circuito con le relazioni [3], [4] e [5].

Per la verifica ed il calcolo dello scarto conviene risolvere la equazione [6] rispetto a $\omega_o - \omega$; si ottiene:

$$\omega_o - \omega = \sqrt{\frac{z + \omega^2 x y}{1 + \omega^2 x}} - \omega = \sqrt{z \frac{1 + \omega^2 \frac{x y}{z}}{1 + \omega^2 x}} - \omega$$

3. - Nei casi pratici vi è sempre una capacità in parallelo con L ; questa capacità non altera il comportamento generale del circuito, ma modifica lievemente i parametri. In figura 2 è rappresentato il circuito reale per il ramo induttivo, ed il circuito equivalente.

Sono noti C_o ed L_o dal calcolo precedente, e C_L' , che rappresenta la capacità distribuita della bobina di induttanza, sperimentalmente; si devono invece determinare L_o' e C_o' (valori effettivi del ramo induttivo) e C_L , che va a costituire parte della capacità C_p prima calcolata.

Ponendo:

$$Y = \frac{1}{2} + \frac{C_L'}{C_o} + \sqrt{\frac{1}{4} + \frac{C_L'}{C_o}}$$

si ha:

$$C_o' = C_o Y - C_L' \quad [7]$$

$$L_o' = \frac{L_o}{Y} \quad [8]$$

$$C_L = C_L' \left(1 - \frac{C_L'}{C_o Y} \right) \quad [9]$$

ed il problema risulta completamente risolto.

4. - Nella figura 3 è riprodotto l'andamento rispettivamente della funzione $C_o = f(F)$, della $C_p = f(F)$ ed infine della $K = f(F)$; K è il rapporto tra la induttanza del circuito oscillante di ingresso e quella dell'oscillatore.

Prescelto il valore della frequenza intermedia e calcolato il valore della induttanza del circuito oscillante di ingresso, le curve riprodotte permettono di determinare rispettivamente C_o , C_p ed L_o per un valore della frequenza intermedia compreso tra 40 e 1200 kHz; mediante le relazioni [7], [8] e [9], si possono infine calcolare i valori effettivi dei parametri che compaiono nel circuito dell'oscillatore.

Ing. A. PINCIROLI

Un modulatore per uso di laboratorio

SOMMARIO. — *Si riporta il progetto ed i dettagli di costruzione di un apparecchio da laboratorio che, interposto fra un generatore a frequenza acustica ed un oscillatore a radiofrequenza da esperienze (3 - 5 watt), permette di modulare quest'ultimo in ampiezza con alta percentuale di modulazione (100 %).*

Lo schema impiegato corrisponde al tipo Heising.

1. - Nell'Officina militare di R. T. ed E. è stato progettato e costruito da chi scrive un piccolo modulatore sperimentale avente lo scopo di poter modulare in ampiezze, e con una percentuale di modulazione regolabile tra 0 e 100 %, le oscillazioni emesse da una eterodina di pochi watt.

L'apparecchio è stato utilmente impiegato per effettuare con onde modulate delle prove e misure quantitative su radio-ricevitori, inoltre può servire anche per studi e analisi su onde modulate in ampiezza, nonchè per esperienze sulla propagazione delle onde medesime a piccola distanza.

Si ritiene utile riferire su tale apparecchio riportando oltre alla descrizione anche il procedimento grafico usato nel progettarlo, che sembra molto semplice e può essere impiegato anche per lo studio di modulatori di maggiore potenza.

2. - Lo schema adottato è quello di Heising. La scelta dei tubi elettronici è stata fatta in modo da ottenere per lo stadio modulatore le caratteristiche di funzionamento di un amplificatore di classe A. Si è cioè stabilito, allo scopo di ridurre al minimo la distorsione, di contenere la caratteristica dinamica di funzionamento dello stadio modulatore entro l'area tratteggiata della fig. 1, limitata dalla linea caratteristica $V_g = 0$, dalla curva di dissipazione massima $V_a \times I_a = W_{\max} = \text{cost.}$ e dalla retta HK che

Si vede subito allora come, a parità di altre condizioni, se si vuole una elevata percentuale di modulazione, la valvola dello stadio modulatore deve essere scelta in modo che abbia:

a) - piccola resistenza interna, e cioè (cfr. fig. 1) una caratteristica $V_g = 0$ di elevata pendenza; infatti se il punto A si sposta in A' il numeratore della (1) aumenta e con essa anche la percentuale di modulazione;

b) - grande estensione del tratto rettilineo della caratteristica verso il basso; in modo che la zona comprendente le parti curve delle caratteristiche sia più piccola possibile e quindi più bassa possibile la retta HK ;

c) - grande coefficiente di amplificazione.

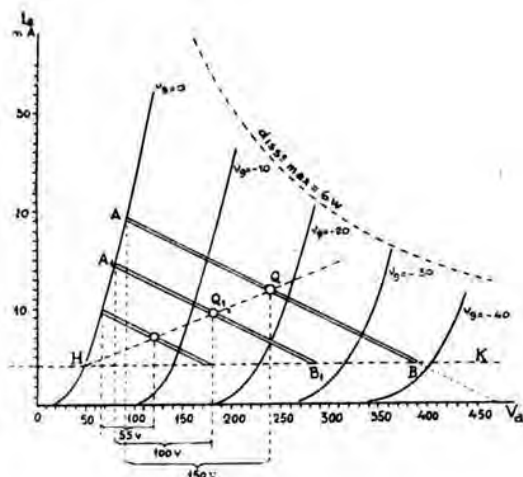


FIGURA 2.

Dall'esame di caratteristiche effettivamente rilevate su moltissimi tipi di tubi è emersa la convenienza di usare per lo stadio modulatore in progetto due Telefunken R E 134 disposti in parallelo. Le caratteristiche statiche risultanti dal gruppo così ottenuto sono state ricavate in fig. 2. Tracciata allora la retta HK che esclude la parte curva delle caratteristiche e l'iperbole $I_a \times V_a = 6 W$, curva di dissipazione massima, e fissato per la resistenza differen-

ziale dell'oscillatore il valore di $R_o = 20\,000$ ohm, si è tracciato nel diagramma della fig. 2 il segmento AB con pendenza 5/100 (secondo le scale del disegno) e limitata ai suoi estremi dalla retta HK e dalla caratteristica $V_g = 0$.

La retta HQ congiungente H con il punto di mezzo Q di AB ci fornisce allora il luogo di tutti i punti di funzionamento statico del modulatore. Scelta ora una tensione di alimentazione anodica di 180 volt e innalzata la verticale dal punto di ascissa 180 fino ad incontrare in Q_1 la semiretta HQ , tracciando dal punto Q la parallela alla AB si ottiene la caratteristica dinamica A_1B_1 . La tensione base da applicare alle griglie ci è data dalla caratteristica che passa per Q_1 , e risulta di circa -12 V. La percentuale di modulazione risulta di:

$$\frac{100}{180} = 0,556$$

ossia del 55,6 %.

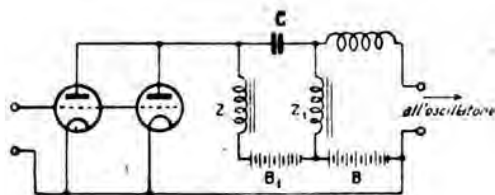


FIGURA 3.

Come si vede, nonostante l'opportuna scelta dei tubi modulatori il valore della percentuale di modulazione massima ottenibile senza distorsione non è molto elevato, nè può essere molto aumentato senza ricorrere a speciali dispositivi. Infatti anche scegliendo una tensione anodica di 240 volt, valore già superiore a quello indicato dalla casa come massimo per quel tipo di tubi (200 V), ma che si potrebbe ancora adottare in considerazione che in questo caso i tubi dovrebbero dissipare soltanto una potenza di circa 3 W, potenza ancora molto inferiore a quella massima tollerata (6 W), si otterrebbe una percentuale di modulazione di

$$\frac{150}{240} = 0,625$$

ossia del 62,5 %.

Per ottenere una percentuale di modulazione maggiore si è ricorso al noto artificio di far lavorare lo stadio modulatore con una tensione anodica maggiore di quella applicata all'oscillatore.

Si è sperimentato dapprima il circuito della fig. 3.

Applicando all'oscillatore la tensione di 100 V (tensione della batteria B) e al modulatore 180 V (batteria ausiliaria $B_1 = 80$ V) si è ottenuta una percentuale di modulazione data da

$$\frac{100}{180 - 80} = 1$$

ossia del 100 %.

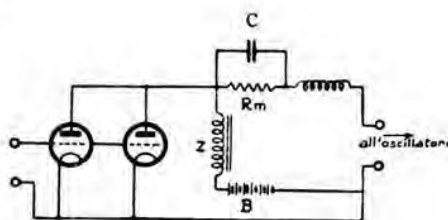


FIGURA 4.

In pratica però tale dispositivo ha dato luogo ad apprezzabile distorsione nella modulazione e ciò per il fatto che le impedenze Z e Z_1 (di circa 25 H), risultando in parallelo sul circuito percorso dalla componente variabile della corrente anodica dello stadio modulatore, davano luogo ad una impedenza totale insufficiente per poter ottenere una buona fedeltà di modulazione.

Si è quindi preferito di adottare lo schema della fig. 4. La resistenza R_m è stata calcolata in modo da ottenere una caduta ohmica tale da dare una giusta tensione all'oscillatore.

Il condensatore C è stato scelto di capacità elevata (12 μ F) in modo da offrire una bassa impedenza anche alle più basse frequenze acustiche.

È stata inoltre utilizzata una impedenza Z di 60 H.

La tabella seguente riporta quattro diverse condizioni di funzionamento del modulatore così progettato, corrispondenti a tre caratteristiche dinamiche disegnate nel grafico della fig. 2.

TABELLA I.

MODULATORE				OSCILLATORE		
	Tensione anodica	Tensione base di griglia	Corrente anodica	Resistenza R	Tensione anodica V_a	Percentuale di modulazione massima
1°	120	— 7	7	—	120	46 %
2°	180	— 12	9,5	—	180	55 %
3°	240	— 18	12	—	240	62 %
4°	180	— 12	9,5	26 000	100	100 %

Le regolazioni 2° e 4° sono quelle usate in pratica. Naturalmente per il buon funzionamento occorre che il valore massimo della tensione alternata di griglia applicata al modulatore non superi il valore della tensione base di griglia (— 12 V per il caso 2° e 4°), ma lo raggiunga se si vuole ottenere la modulazione al 100 %.

3. - Una verifica sperimentale dei calcoli relativi al 4° gruppo di valori della precedente tabella è stata effettuata montando lo stadio modulatore progettato con un trasformatore microfonico sulla griglia e un voltmetro Weston mod. 600 ad alta resistenza, in derivazione sul secondario del trasformatore secondo lo schema della fig. 5. Alla griglia delle modulatrici è applicata una tensione base di — 12 V ed al primario del trasformatore una tensione ad audio frequenza di ampiezza regolabile. Nella tabella II sono riportate le letture del voltmetro e le corrispondenti letture della corrente oscillante indotta dal generatore su un circuito chiuso munito di termoamperometro con scala di 125 graduazioni. L'accop-

piamento di quest'ultimo è stato regolato in modo da ottenere una deviazione di 100 graduazioni in assenza di modulazione; in tal modo si è potuto dedurre la percentuale di modulazione dalle deviazioni percentuali del termoamperometro lette direttamente in presenza della modulazione (1).

I risultati ottenuti, che concordano perfettamente col progetto, sono riassunti nella seguente tabella:

TABELLA II.

TENSIONE OTTENUTA DI GRIGLIA		Corrente oscillante I	PERCENTUALE DI MODULAZIONE	
efficace V_g eff.	Massima V_g		Rilevata dalla variazione di I	Calcolata dal grafico della fig. 2
0	0	100	0	0
4,24	6	107,5	55 %	55 %
8,48	12	122,5	100 %	100 %

La fedeltà di modulazione è stata verificata acusticamente ascoltando con un radio ricevitore la trasmissione ottenuta modulando con dischi grammofonici; ed è risultata, come si prevedeva, soddisfacente.

Una verifica analitica della fedeltà di modulazione, può essere effettuata determinando il rapporto fra l'amplificazione ottenuta per

(1) Se il termoamperometro segna 100 in assenza di modulazione (sola onda portante), quando si modula la percentuale di modulazione può essere dedotta dall'indicazione del termoamperometro in base alla seguente tabella, a condizione che la modulazione sia simmetrica, il che nel caso nostro si verificava sicuramente.

Indicazione del termoamperometro	Percentuale di modulazione
100	0
101	20
104	40
108,7	60
114,8	80
122,5	100

una delle frequenze acustiche più basse e quella ottenuta per la frequenza limite di valore infinito.

Considerando allora in fig. 6 il circuito equivalente a quello del modulatore (fig. 4) dove R_o è la resistenza dell'oscillatore, e

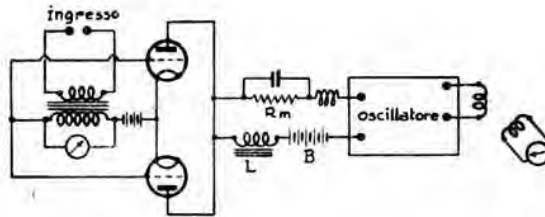


FIGURA 5.

dove è stata trascurata la resistenza R_m perchè assai elevata rispetto all'impedenza del condensatore C in derivazione, si può procedere come segue:

Ricordando che :

$$e_a = \frac{\mu e_g Z_e}{\rho + Z_e} \quad (2)$$

dove Z_e è l'impedenza totale del circuito esterno, si può facilmente calcolare il valore della componente alternata e_o all'ingresso dell'oscillatore; essa risulta :

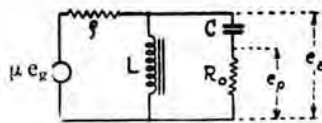


FIGURA 6.

$$e_o = \mu e_g \frac{\omega L \sqrt{R_o^2 + \frac{1}{\omega^2 C^2}}}{\sqrt{\left[\omega L R_o + \rho \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right) \right]^2 + \left[\rho R_o + \frac{L}{C} \right]^2}}$$

Ponendo $K = \frac{e_o}{e_e}$ abbiamo:

$$K = \frac{\mu \omega L \sqrt{R_o^2 + \frac{1}{\omega^2 C^2}}}{\sqrt{\left[\omega L R_o + \rho \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right) \right]^2 + \left[\rho R_o + \frac{L}{C} \right]^2}}$$

Per $\omega = \infty$ restano i soli termini in ωL e si ha:

$$K_\infty = \frac{\mu R_o}{\rho + R_o}$$

Ritenendo quella di 30 periodi ($\omega = 188$ circa) la frequenza più bassa che debba essere riprodotta nella modulazione senza apprezzabile attenuazione rispetto alle altre, potremo calcolare la fedeltà di modulazione n :

$$n = \frac{K}{K_\infty} = \frac{\omega L (R_o + \rho) \sqrt{1 + \frac{1}{\omega^2 C^2 R_o^2}}}{\sqrt{\left[\omega L R_o + \rho \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right) \right]^2 + \left[\rho R_o + \frac{L}{C} \right]^2}}$$

Avendo allora

$$\omega = 188 = \sim 200$$

$$\omega L = 200 \times 60 = 12\,000$$

$$\frac{1}{\omega C} = \frac{10^6}{200 \times 12} = 416,6$$

$$\rho = 2500 \quad R_o = 20\,000$$

otteniamo:

$$n = 0,98 \sim$$

risultato molto soddisfacente.

4. - Per ottenere elevate percentuali di modulazione anche con piccole tensioni ad audiofrequenza e cioè dell'ordine di 0,4 volta, come si possono avere con un diaframma elettrogramfonico, senza usare trasformatori che, per quanto ben costruiti, producono sempre una apprezzabile distorsione, specialmente alle frequenze

estreme della gamma acustica, si è completato il dispositivo con un premodulatore calcolato come segue:

Poichè la tensione massima da fornire alla griglia del modulatore per ottenere una percentuale di modulazione del 100 % nel caso 4° della tabella I, che assumeremo come caso normale di funzionamento, deve essere di 12 V, l'amplificazione dello stadio premodulatore deve essere:

$$\frac{e_{g2}}{e_{g1}} = \frac{12}{0,4} = 30 \quad (2)$$

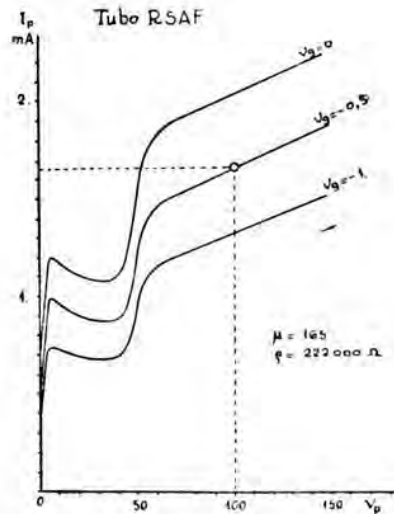


FIGURA 7.

È stato scelto per lo stadio premodulatore un tubo a griglia schermante (tipo R S A F) (1), le cui caratteristiche effettivamente rilevate sono indicate nella fig. 7.

(1) La dicitura R S A F (Ricevente - Schermata - Alta Frequenza) è stata adottata dall'Officina Militare di R. T. ed E. T. per indicare il tipo di tubo ricevente schermato in uso nelle stazioni regolamentari; esso corrisponde al tipo Zenith D A 406 oppure Philips A 442.

Per eliminare ogni possibile distorsione, si è usato lo schema a collegamento diretto (cfr. fig. 8). Il valore della resistenza R è stato determinato con la formula:

$$e_2 = \frac{\mu e_1 R}{p + R}$$

da cui, tenendo conto della (2), si ha

$$R = \frac{p}{\frac{\mu}{30} - 1} = 47\,000\ \Omega$$

e si è adottato per R il valore di $50\,000\ \Omega$.

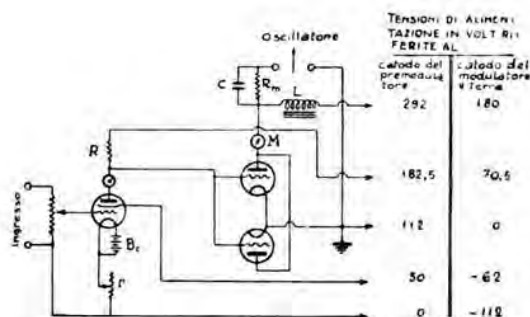


FIGURA 8.

Il punto iniziale di funzionamento del tubo in regime di riposo è stato scelto come in fig. 7, per cui la tensione di placca e di griglia e la corrente anodica in regime di riposo sono risultate:

$$V_p = 100\text{ V}; V_g = -0,5\text{ V}; I_a = 1,65\text{ mA.}$$

La tensione necessaria per l'alimentazione anodica del tubo premodulatore rispetto al catodo dello stesso, tenendo conto della caduta attraverso R , è risultata allora:

$$V = 100 + R I_a = 100 + (50\,000 \times 0,00165) = 182,5\text{ V.}$$

Tenuto conto che le griglie dei tubi modulatori sono allo stesso potenziale dell'anodo del premodulatore e tenuto conto che la tensione di dette griglie deve essere di -12 V rispetto ai catodi,

le varie tensioni da applicare sono risultate come indicate in fig. 9.

Una verifica pratica del funzionamento dello stadio premodulatore è stata fatta come segue: tolta la tensione anodica ai tubi modulatori si è variata la tensione base del catodo degli stessi fino a portarla allo stesso valore di quella dell'anodo del premodulatore. Ciò è stato controllato con un sensibile voltmetro

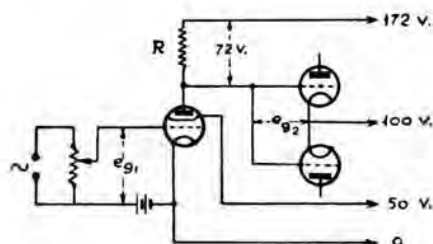


FIGURA 9.

ad alta resistenza inserito fra griglia e catodo dei tubi modulatori.

Si è inserito un voltmetro a valvola fra le griglie e il filamento dei modulatori e si è regolata la tensione alternata e_{g1} applicata alla griglia del premodulatore, con un attenuatore tarato in decibel fino ad ottenere sul voltmetro una certa deviazione θ ;

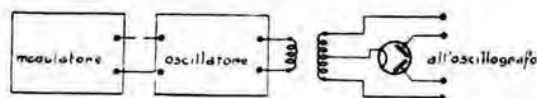


FIGURA 10.

portato quindi il voltmetro fra griglia e filamento del premodulatore, si è aumentata la e_{g1} regolando l'attenuatore fino ad ottenere la stessa deviazione allo strumento. Dalle differenze delle attenuazioni si è ricavato il guadagno di 30 decibel, corrispondentemente ad una amplificazione di tensione di circa 30 come si era calcolato.

Realizzato il circuito come in fig. 8 e applicate le varie tensioni anodiche, ben controllate in funzionamento con un voltmetro

ad alta resistenza, si è ottenuto un perfetto funzionamento dell'apparecchio. L' unica manovra necessaria per una scrupolosa messa

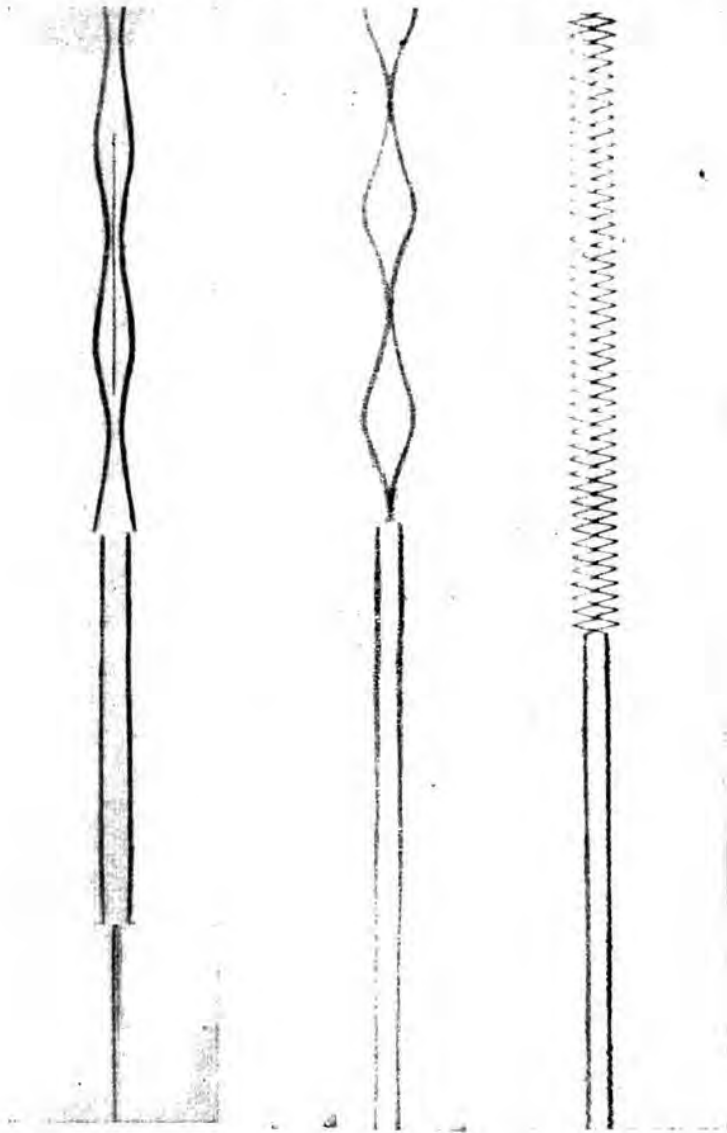


FIGURE 11 - 12 - 13.

a punto è quella di regolare dolcemente il reostato r e cioè il potenziale di griglia del premodulatore; con ciò si varia anche

leggermente la corrente anodica dei tubi modulatori, perchè attraverso la resistenza R si verifica la caduta di tensione opportuna per dare alle griglie dei tubi medesimi quella tensione base che li fa lavorare nelle condizioni volute. Tali condizioni, se le tensioni anodiche sono ben stabilite, si possono accertare controllando la corrente anodica dei tubi modulatori nelle condizioni di riposo, col milliamperometro M (cfr. tabella I).

5. - Allo scopo di verificare la forma dell'onda modulata col descritto dispositivo, per accertare che la modulazione fosse simmetrica e che la percentuale di modulazione nei vari casi di funzionamento corrispondesse a quella calcolata, sono stati eseguiti dei rilievi oscillografici alcuni dei quali vengono riportati nelle figg. 11 - 12 e 13.

Tali oscillogrammi sono stati rilevati raddrizzando con un tubo bianodico (cfr. fig. 10) l'alta frequenza modulata e inviando le correnti raddrizzate in senso contrario ciascuno ad un equipaggio di un oscillografo tipo Blondel (1).

Gli oscillogrammi delle figg. 11 e 12 si riferiscono ad una modulazione, con frequenza di circa 50 periodi, del 55 % (caso 2° della tabella I) e del 100 % (caso 4° della tabella I) rispettivamente.

Quello della fig. 13 si riferisce ad una modulazione al 100 % con frequenza di 500 periodi circa ottenuta con le condizioni del caso 4° della tabella I.

dott. ing. FRANCESCO GALOTTI

1° CAPITANO DEL GENIO S. S. E.

(1) Cfr. A. MARINO. - « Sulla modulazione dei tubi oscillatori nei trasmettitori radiofonici ». - *Dati e memorie sulle radiocomunicazioni*, 1932.

Proposta di norme per il collaudo dei radioricevitori e dei radiogoniometri.

SOMMARIO. — Le norme proposte dallo scrivente e dal 1° cap. ing. F. Gallotti nel Bollettino r. 1., nn. 1 e 2, vol. II del gennaio e marzo 1932, vengono ripubblicate con le modifiche richieste dagli organi competenti, in armonia con le pubblicazioni più recenti sull'argomento.

Il lavoro è diviso in 2 parti: una concernente i radioricevitori e una i radiogoniometri; ciascuna parte consta di un gruppo di articoli dedicati alle definizioni e convenzioni e di un gruppo riguardante le norme vere e proprie.

Anche in questa seconda edizione, le norme sono presentate sotto forma di proposta da ulteriormente studiare, per il fatto che molti particolari non possono ancora essere standardizzati.

* * *

A) NORME PER L'ORDINAZIONE ED IL COLLAUDO DEI RADIO- RICEVITORI.

α) Definizioni e convenzioni.

1. - **Radioemissione.** S'intende per radioemissione la generazione di un campo elettromagnetico rapidamente variabile, avente per iscopo la trasmissione, senza fili, a distanza, di segnali, di suoni, o di immagini.

2. - **Classificazione delle radioemissioni (1).** Le radioemissioni sono ripartite in due classi:

Classe A) *Onde persistenti.* Sono quelle le cui oscillazioni successive sono identiche in regime permanente.

(1) Vedi Convenzione Internazionale di Washington del 1927, di Madrid 1932 e C. C. I. R. 1934.

Classe B) *Onde smorzate*. Sono quelle composte di gruppi o di treni successivi nelle quali l'ampiezza delle oscillazioni, dopo aver raggiunto un massimo, decresce in seguito gradatamente.

Le onde della classe A comprendono i tipi appresso indicati, che sono definiti come segue:

Tipo A 1. *Onde persistenti non modulate*: quelle la cui ampiezza o frequenza varia per effetto di una manipolazione telegrafica o teleidografica (trasmissione d'immagini).

Tipo A 2. *Onde persistenti modulate a frequenza udibile*: quelle la cui ampiezza o frequenza varia secondo una legge periodica a frequenza udibile, combinata con una manipolazione telegrafica.

Tipo A 3. *Onde persistenti modulate dalla parola, dalla musica o da figure in movimento*: quelle la cui ampiezza o frequenza varia secondo le vibrazioni caratteristiche della parola, o della musica, o delle figure in movimento (caso della radiotelegrafia o della radiotelevisione).

3. - **Radoricevitore.** È quel complesso di organi meccanici, magnetici, elettrici ed elettronici destinato a rendere percettibili le correnti oscillanti debolissime indotte, nel suo aereo captatore o direttamente nei suoi circuiti oscillanti chiusi, dalle onde hertziane in arrivo.

4. - **Tipo di radoricevitore.** Sono dello stesso tipo i radoricevitori che hanno il medesimo circuito di principio e di montaggio, gli stessi organi rivelatori, la medesima gamma d'onda e la stessa alimentazione (a corrente continua od a corrente alternata).

5. - **Partita di radoricevitori.** Sono della stessa partita i radoricevitori che, oltre ad essere dello stesso tipo, sono presentati nel medesimo tempo alla accettazione.

6. - **Potenza normale in uscita.** È quella stabilita per contratto. In mancanza di indicazione, si considera potenza normale di uscita quella di 10^{-4} watt per una cuffia, e di $\frac{1}{10}$ della potenza massima indicata dal costruttore, per un altoparlante.

Sono tollerati scarti del 10% in più o in meno.

7. - **Resistenza normale di uscita.** È quella non induttiva necessaria per dissipare la potenza normale di uscita indicata dal costruttore. In mancanza di tale indicazione, si assume, per resistenza normale di uscita, quella per la quale si ottiene la massima potenza indistorta.

8. - **Voltaggio normale di uscita.** È quello occorrente per dissipare nella resistenza normale la potenza normale.

9. - **Voltaggio normale di entrata.** È quello consigliato dal costruttore per ottenere il voltaggio normale di uscita.

10. - **Antenna normale.** In mancanza di una antenna o di un telaio facente parte del radiorecettore, le prove saranno effettuate mediante l'impiego di un'antenna equivalente costituita da induttanza, capacità e resistenza del valore indicato in contratto. Per i radiorecettori agenti nella gamma dai 100 ai 1500 kHz si consigliano i valori seguenti:

Resistenza = 20 ohm

Induttanza = 20 μ H

Capacità = 20 μ F.

Per quelli oltre 1500 kHz saranno fissati in contratto i valori più adatti.

11. - **Frequenza di prova.** È quella sulla quale viene sintonizzato il radiorecettore già messo a punto per le prove di collaudo. Il numero ed i valori delle frequenze di prova saranno indicate in contratto.

12. - **Sensibilità.** È la peculiare proprietà di un ricevitore di riprodurre i segnali della radioemissione sulla cui frequenza è sintonizzato. La sensibilità è definita quantitativamente dall'inverso del voltaggio di entrata.

13. - **Gamma di sensibilità.** È la gamma delle frequenze sulle quali un radiorecettore può sintonizzarsi.

14. - **Uniformità di sensibilità.** È l'attitudine di un radiorecettore a riprodurre a parità di voltaggio, ma con la stessa potenza d'uscita, tutti i segnali delle radioemissioni comprese nella sua gamma di sensibilità.

15. - **Selettività.** È la misura dell'attitudine di un radiorecettore a non ricevere una radioemissione nella quale non sia sintonizzato, e per di più a non essere disturbato quando riceva quella su cui è sintonizzato.

16. - **Finezza di regolazione.** È il rapporto fra la variazione di frequenza espressa in chilohertz e la variazione angolare dell'organo mobile di sintonia, cioè il rapporto:

$$\frac{\Delta f}{\Delta \theta} = (\text{kHz/grad}).$$

17. - **Fedeltà.** È l'attitudine di un radiorecettore a riprodurre senza distorsione all'uscita la modulazione della radioemissione in arrivo.

18. - **Purezza.** È l'attitudine di un radiorecettore a riprodurre esclusivamente le frequenze componenti della modulazione senza dar luogo all'uscita dell'apparecchio ad armoniche apprezzabili disturbatrici.

b) Ispezioni e verifiche dei materiali e della lavorazione.

Le norme che seguono sono intese a precisare i dati necessari e sufficienti affinché un radiorecettore sia ben definito in relazione alle caratteristiche di funzionamento e alle condizioni di servizio.

19. - **Schemi di principio e di montaggio.** Saranno esaminati gli schemi di principio e di montaggio da esibire con il radiorecettore all'atto della consegna all'ente acquirente.

Sarà verificato che i circuiti del radiorecettore corrispondano a tali schemi. La presentazione degli schemi è obbligatoria.

20. - **Dimensione e peso.** Saranno rilevate le dimensioni d'ingombro e il peso dell'apparecchio in esame, e sarà verificato che i dati corrispondano a quelli prescritti dalle condizioni tecniche contrattuali. Se il ricevitore è provvisto di aereo a telaio, dovrà specificarsi lo spazio necessario alla sua manovra.

21. - **Materie prime.** Saranno esaminate le materie prime impiegate nella costruzione dei vari organi dell'apparato e principalmente dell'aereo, del cofano od incastellatura, del pannello, dei conduttori di connessione dei vari organi elettrici (condensatori, induttanze, prese, ecc.), dei materiali isolanti vari (supporti, organi di comando e di presa, ecc.). Tutte le materie prime dovranno corrispondere a quelle indicate dalle condizioni tecniche contrattuali. Saranno per contratto stabilite le penalità del caso.

22. - **Lavorazione e montaggio.** Saranno controllate la lavorazione delle materie prime impiegate e l'esecuzione del montaggio dei vari organi elettrici e meccanici del radioricevitore. Sarà verificato che le parti intercambiabili siano facilmente smontabili, che le parti fragili (tubi elettronici ecc.) siano ben protette, che gli organi soggetti a logorio meccanico siano sufficientemente resistenti e presentino un congruo coefficiente di sicurezza, che i vari organi siano razionalmente disposti in guisa da formare un'armonica distribuzione delle parti in relazione al peso e alla possibilità di una immediata ispezione interna o di una riparazione eventuale, che siano state prese tutte le misure atte ad evitare i dannosi effetti di accoppiamento, di interferenza ecc.

Sarà infine verificato che l'involucro protegga i vari organi del ricevitore da tutti gli agenti fisici e meteorologici che possano danneggiarlo, comprometterne il funzionamento o comunque diminuirne l'efficienza (effetto di mano, umidità, polvere). Saranno in contratto specificate le penalità del caso.

23. - **Qualità elettromagnetiche dei vari organi.** Saranno esaminati i vari organi elettrici componenti i ricevitori da collaudare. Essi dovranno essere di ottima costruzione e di tipo adatto alla funzione cui sono destinati.

Speciale riguardo si dovrà avere per i condensatori variabili dei quali dovrà indicarsi la capacità massima e la capacità residua, la legge di variazione, il dielettrico, curando altresì che la loro regolazione sia facile e precisa. Si dovranno ispezionare accuratamente i variometri, i reostati, i potenziometri, gli interruttori, i commutatori.

Per gli organi intercambiabili si dovrà verificare la bontà di costruzione, la facile sostituzione di essi, la protezione dagli agenti esterni, osservando con particolare attenzione le bobine di autoinduzione, le resistenze di dispersione e i tubi elettronici; per questi ultimi valgono le norme già prescritte al riguardo. Per quanto concerne gli organi fissi: condensatori, induttanze, resistenze, rad-drizzatori, amplificatori, complessi rettificatori e schermi, saranno controllate la qualità e la lavorazione.

Circa gli accessori e le parti di ricambio, dovrà controllarsi la bontà di costruzione, l'efficienza e la praticità del loro impianto. Saranno in contratto precisate le penalità in caso d'inosservanza parziale e totale dei patti e delle condizioni predette.

c) Verifiche di carattere preliminare.

Le verifiche di carattere preliminare mirano ad accertare l'efficienza del radoricevitore in esame.

24. - Condizioni generali di posa, di alimentazione e di sintonizzazione. L'apparecchio in esame sarà disposto in guisa da non essere influenzato in modo anormale dai generatori di radiofrequenza e di audiofrequenza standardizzati che si utilizzeranno nelle prove di collaudo di cui si farà cenno in seguito, nè da disturbi esterni di carattere atmosferico.

Sarà alimentato con voltaggi opportunamente stabilizzati ai valori indicati dal contratto, ed in mancanza di specificazioni al riguardo, con uno scarto non superiore al $\pm 3\%$. Per i radoricevitori alimentati dalla rete stradale a corrente alternata, si dovrà anche osservare che la frequenza sia quella prescritta dal capitolo con uno scarto massimo del $\pm 2\%$.

In mancanza di indicazioni al riguardo per questo tipo di radoricevitore, si intenderà che la tensione alternata di alimenta-

zione sia di 110 o 125 volt e che la frequenza sia o di 42 o di 50 Hz con la medesima tolleranza sopra indicata.

Qualora il radioricevitore sia provvisto di organi regolabili atti ad attenuare o ad annullare il rumore originato dalla corrente alternata all'uscita dell'apparecchio, si dovranno regolare tali organi in guisa da ottenere il migliore effetto possibile. Sarà quindi sintonizzato il radioricevitore nel modo previsto dal costruttore e specificato nell'istruzione da allegare.

Infine per i radioricevitori per onde persistenti sarà stabilita la frequenza acustica di ascolto dei segnali sulla nota di battimenti indicata nel contratto. In mancanza di specificazione al riguardo potrà assumersi quella di 1000 Hz.

Nei radioricevitori a reazione si regolerà opportunamente la reazione in guisa da ottenere il giusto innesco delle oscillazioni locali senza sovrapporre la radioemissione in arrivo.

25. - Attrezzatura di prescrizione. Per l'esecuzione delle prove sui radioricevitori, si dovrà predisporre in apposite cabine schermate una regolare attrezzatura costituita con materiale di ottima qualità e provvista di organi rigorosamente tarati nelle grandezze che più interessano. Detta attrezzatura, da definirsi in contratto, dovrà essenzialmente comprendere:

— un generatore a radiofrequenza modulabile a percentuale ben definita, provvisto di adatto voltmetro misuratore della tensione erogata e di variatore percentuale di frequenze simmetrico, schermati convenientemente, e tarati nella scala delle frequenze con approssimazione non inferiore al $\pm 1\%$ e nella scala delle tensioni con approssimazione non inferiore al $\pm 2\%$; la gamma di frequenze generate sarà la più estesa possibile;

— un generatore a frequenza acustica anch'esso schermato e tarato con approssimazione non inferiore al $\pm 1\%$;

— un modulatore di precisione tarato con l'approssimazione del $\pm 2\%$;

— un traslatore di energia di caratteristiche convenienti tarato con la precisione del $\pm 1\%$, da disporre, eventualmente, tra il generatore a radiofrequenza e l'aereo reale o equivalente d'ingresso del radioricevitore in prova;

- un eventuale filtro da inserire fra l'uscita di radioricevitore ed il misuratore di potenza di uscita;
- una resistenza antinduttiva di valore conveniente e tarata con l'approssimazione del $\pm 0,1\%$;
- un voltmetro di precisione - eventualmente del tipo elettronico - per effettuare la misura della tensione e della potenza di uscita del radioricevitore, con l'approssimazione del $\pm 1,5\%$;
- un misuratore di distorsione tarato con l'approssimazione del $\pm 3\%$;
- un oscillografo con demoltiplicatore per l'asse dei tempi, da servire eventualmente per meglio osservare la forma d'onda all'uscita del radioricevitore.

26. - Verifica della potenza normale di uscita. Dopo aver montato l'apparecchio nel complesso di prescrizione ed averlo alimentato e sintonizzato sulle frequenze prescritte dal contratto, si verificherà che esso dia sulla resistenza di uscita la potenza con una tolleranza $\pm 3\%$. Le penalità saranno specificate nel capitolato di acquisto.

27. - Verifica della gamma di funzionamento. La gamma di funzionamento sarà dedotta dai grafici di taratura o scale di sintonia e verificata impiegando il generatore a radiofrequenza modulato prescelto nel capitolato. Tale verifica consisterà nel rilevare le frequenze in funzione delle graduazioni degli organi di accordo.

Per ogni organo di accordo si rileverà una diversa curva di sintonia.

28. - Verifica della finezza di regolazione. La finezza di regolazione sarà dedotta dai grafici suddetti caratterizzanti la frequenza in funzione della posizione degli organi di controllo; e poichè, in generale, la posizione dell'organo di controllo è indicata su di un quadrante graduato in scala centesimale, l'acutezza di sintonia sarà data (cfr. n. 16) da:

$$\frac{\Delta f}{\Delta \theta} .$$

La finezza di regolazione di un radioricevitore potrà avere un valore per ogni organo di accordo, costante su tutta la gamma di sensibilità, oppure potrà avere diversi valori costanti per le diverse sezioni della gamma (se esistono).

La finezza di regolazione potrà avere, invece, un valore diverso nelle diverse posizioni dell'angolo di controllo. In questo caso si potrà tener conto del solo valore massimo. Negli apparati con più di un organo di controllo riguardante l'accordo si avrà, in generale, per ognuno di essi un diverso valore della finezza di regolazione.

Per quei ricevitori che avessero, oltre ai comuni organi di regolazione della sintonia, anche dei comandi supplementari con dispositivo a demoltiplica, vernieri ecc., detta finezza dovrà rilevarsi anche rispetto a detti organi supplementari.

Tutti i valori di regolazione così desunti saranno annotati sul collaudo, e sarà controllato che essi siano compresi nei limiti prescritti dalle condizioni contrattuali, per applicare le conseguenti penalità.

(Continua).

dott. ing. DONATO GILIBERTI

1° CAPITANO DEL GENIO S. S. E.



Redattore capo : Ing. UGO TIBERIO.

RIVISTA D'ARTIGLIERIA E GENIO

PERIODICO MILITARE MENSILE ILLUSTRATO

Direzione: Via degli Astalli, N. 15 - Roma (117)

Telefoni: Soc. Tel. Tirrena 64200; militare 2129 - C/o Postale 1/8447

CONDIZIONI DI ABBONAMENTO PER IL 1935-XIII

(LXXIV ANNATA)

Comandi, uffici, circoli, enti militari	L. 28,00
Militari ed assimilati	» 23,00
Non militari, in Italia e Colonie	» 46,00
Esteri	» 75,00

Ogni fascicolo separato: in Italia L. 5, all'estero Lit. 12;
doppio L. 7, all'estero Lit. 16.

Per la spedizione all'indirizzo privato, aggiungere L. 1 per ogni
fascicolo separato o L. 5 per tutta l'annata.



Mi' uff. 11-12

ISPETTORATO DEL GENIO

DIREZIONE SUPERIORE DEL SERVIZIO STUDI ED ESPERIENZE DEL GENIO



Bollettino radiotelegrafico del R. Esercito

SOMMARIO:

- L. SACCO e R. KOCH — Alcune applicazioni del sistema assoluto
M. K. S. Ω.
- G. LATMIRAL — Realizzazione dei dispositivi biotron e ne-
gatron mediante poliodi.
- U. T. — L'adozione del "Sistema Giorgi", da parte
della commissione elettrotecnica inter-
nazionale.
- — Recensioni.
- — Bibliografie.

Condizioni per l'anno 1935

(Volume di oltre 240 p.)

Nel Regno d'Italia e Colonie

Abbonamento	L. 12
Un numero separato	» 3
Abbonamento ridotto per ufficiali e assimilati	» 8

Nei paesi dell'Unione postale

Abbonamento	Franchi oro 10
Un numero separato	» » 2

Inviare l'importo a mezzo vaglia alla DIREZIONE DEL-
L'ISTITUTO MILITARE SUPERIORE DELLE TRASMISSIONI. -
Viale Mazzini, 10 - ROMA (149).

Roma, Tipo-Lit. Off. Mil. delle Transmiss.

:: La direzione del **Bollettino** non risponde delle opinioni
espresse dagli autori che abbiano firmato o contrassegnato
i loro scritti. :: :: :: :: :: :: :: ::

:: I manoscritti non si restituiscono. :: :: :: ::

:: Gli articoli pubblicati vengono retribuiti. Ogni autore
ha inoltre diritto a **25** copie gratuite di estratti, se trattasi
di articoli inediti, e a **10** negli altri casi; volendone mag-
giore quantitativo, l'Autore dovrà comunicarlo tempestiva-
mente, e le copie in più saranno conteggiate al costo di
stampa. :: :: :: :: :: :: :: ::



ISPETTORATO DEL GENIO

DIREZIONE SUPERIORE DEL SERVIZIO STUDI ED ESPERIENZE DEL GENIO

Bollettino radiotelegrafico del R. Esercito

Diretto dal Gen. L. SACCO

ALCUNE APPLICAZIONI DEL SISTEMA ASSOLUTO M. K. S. Ω .

SOMMARIO. — Per illustrare il sistema di unità Giorgi e per facilitarne l'uso pratico, si è applicato il sistema alle principali relazioni della Elettrotecnica. Si sono ottenute le espressioni razionalizzate per le formole fondamentali del Magnetismo, della Elettrostatica, dell'Elettromagnetismo, della Elettrodinamica e della teoria di Maxwell. Si è ricavata inoltre per ogni relazione la corrispondente formola dimensionale.

A - Generalità e richiami.

1. - Per illustrare l'uso del sistema assoluto di unità Giorgi e gli evidenti vantaggi di ordine concettuale e pratico che esso procura, riteniamo utile farne alcune applicazioni pratiche alle relazioni fondamentali della Elettrotecnica.

Come è noto, il sistema Giorgi, o sistema M. K. S. Ω , assume come grandezze fondamentali la massa, la lunghezza, il tempo e la resistenza elettrica. Tutte le altre grandezze elettriche e magnetiche vengono espresse in funzione delle 4 grandezze fondamentali, eliminando così la scissione fra grandezze elettrostatiche e grandezze elettromagnetiche, che derivava nell'uso di sistemi di unità non razionalizzati.

Per quanto riguarda le definizioni delle grandezze della Elettrotecnica e per le dimensioni che ad esse spettano nel sistema assoluto M. K. S. Ω , ci riferiamo fin d'ora alla memoria sulle

unità elettriche del prof. Giorgi, già pubblicata in questo Bollettino ⁽¹⁾.

Tuttavia, per facilitare l'interpretazione delle formole dimensionali, riportiamo nello specchio che segue le unità e i simboli adottati nella presente trattazione per le grandezze fondamentali e derivate e, per queste ultime, le loro espressioni dimensionali sia in funzione delle grandezze fondamentali che in funzione delle grandezze derivate stesse, in base alle relazioni fondamentali che intercedono fra di esse.

Ricordiamo inoltre i valori che assumono, nel sistema M. K. S. Ω , la costante dielettrica ϵ_0 e la costante magnetica μ_0 per lo spazio-etere e con approssimazione anche per l'aria:

$$\epsilon_0 = 8,8582 \text{ } \mu\text{farad/metro} \simeq \frac{1}{36 \pi \cdot 10^9} \text{ farad/metro}$$

$$\mu_0 = 1,25607 \text{ } \mu\text{henry/metro} \simeq 4 \pi \cdot 10^{-7} \text{ henry/metro.}$$

D'ora innanzi useremo generalmente per le grandezze derivate le espressioni dimensionali derivate perchè di più immediato significato fisico: volendo che nelle formole dimensionali figurassero soltanto le grandezze fondamentali, non si avrebbe che a sostituire le espressioni ad esse relative.

Fatti questi brevi richiami, passiamo ora senz'altro ad applicare il sistema Giorgi alle principali formole dell'Elettrotecnica.

B - Magnetismo.

1. - FORMOLA DI COULOMB.

Nel sistema M. K. S. Ω , il coefficiente di proporzionalità della formola coulombiana assume l'espressione:

$$h = \frac{1}{4 \pi \mu} \text{ ed ha quindi dimensioni } \frac{1}{R T L^{-1}} = R^{-1} T^{-1} L$$

⁽¹⁾ G. GIORGI. - Le unità elettriche. - *Boll. R. T. del R. E.*, 1934, n° 4-5 e 1935, n° 1-2.

Grandezza	Dimensioni	Unità	Simbolo
Grandezze fondamentali			
Lunghezza	L	metro	—
Massa	M	kg massa	—
Tempo.	T	secondo	—
Resistenza elettrica . .	R	ohm	R
Grandezze meccaniche			
Forza	$M L T^{-2}$	vis	f
Energia	$M L^2 T^{-2}$	joule	J
Potenza	$M L^2 T^{-3}$	watt	W
Grandezze elettriche			
Conduttanza elettrica .	$A V^{-1} = R^{-1}$	mho	g
Induttanza	$R T$	henry	L
Capacità	$R^{-1} T$	farad	C
Costante o induttività dielettrica	$R^{-1} L^{-1} T$	farad/metro	ε
Quantità di elettricità .	$M^{1/2} L T^{-1/2} R^{-1/2} = A T = Q$	coulomb	Q
Induzione elettrica . .	$M^{1/2} L^{-1} T^{-1/2} R^{-1/2} = Q L^{-2}$	coulomb/metro ²	D
Intensità di corrente elettrica	$M^{1/2} L T^{-3/2} R^{-1/2} = Q T^{-1}$	ampere	A, i
Differenza di potenziale	$M^{1/2} L T^{-3/2} R^{1/2} = A \cdot R = W Q^{-1}$	volt	V
Forza elettrica.	$M^{1/2} T^{-3/2} R^{1/2} = V L^{-1}$	volt/metro	E
Grandezze magnetiche			
Costante o induttività magnetica.	$R T L^{-1}$	henry/metro	μ
Forza magnetica . . .	$M^{1/2} T^{-3/2} R^{-1/2} = A L^{-1}$	amp-spira/metro	H
Flusso magnetico, carica magnetica . . .	$M^{1/2} L T^{-1/2} R^{1/2} = V T$	weber	Φ, m
Induzione magnetica, intensità di magnetizzazione.	$M^{1/2} L^{-1} T^{-1/2} R^{1/2} = V T L^{-2}$	weber/metro ²	B, σ

La formola dell'attrazione si scrive perciò:

$$f = h \frac{m m'}{r^2} = \frac{1}{4 \pi \mu} \cdot \frac{m m'}{r^2}$$

dove con μ si indica la costante magnetica, o induttività magnetica o permeabilità assoluta, del mezzo entro il quale si trovano le masse magnetiche.

La formola dimensionale è naturalmente quella di una forza:

$$f = \frac{1}{R T L^{-1}} \cdot \frac{V^2 T^2}{L^2} = \frac{V^2 T}{R L} = \frac{A V T}{L}$$

ma $A V$ è una potenza, quindi $A V = M L^2 T^{-3}$ e perciò:

$$f = \frac{M L^2 T^{-3} T}{L} = M L T^{-2} = \text{vis.}$$

2. - FORZA MAGNETICA.

Essa, come risulta dalla formola di Coulomb per $m' = 1$, si scrive:

$$H = \frac{1}{\mu} \cdot \frac{m}{4 \pi r^2}$$

e quindi ha la formola dimensionale:

$$\frac{1}{R T L^{-1}} \cdot \frac{V T}{L^2} = \frac{V}{R L} = A L^{-1}$$

cioè le dimensioni di ampere per metro.

3. - POTENZIALE MAGNETICO.

Dalla teoria dei campi newtoniani si ha:

$$V = \int H dr = - \frac{1}{4 \pi \mu} \cdot \frac{m}{r}$$

da cui si ricavano per il potenziale magnetico le dimensioni :

$$\frac{1}{R T L^{-1}} \cdot \frac{V T}{L} = A \text{ ampere}$$

4. - INDUZIONE MAGNETICA.

Essa risulta dalla nota relazione :

$$B = \mu H = \frac{m}{4 \pi r^2}$$

e quindi possiede dimensioni $\frac{V T}{L^2}$ cioè Weber per metro quadrato.

Osserviamo subito che, essendo il Weber l'unità di massa magnetica, l'induzione viene ad essere nient'altro che una densità superficiale di massa magnetica, ed è per questa ragione che l'intensità di magnetizzazione e lo spostamento magnetico, nel sistema assoluto M. K. S. Ω ., non si distinguono dimensionalmente dalla induzione magnetica stessa.

Questo fatto molto importante verrà chiarito meglio in seguito, quando tratteremo del magnetismo nell'interno dei materiali magnetici; vedremo allora anche la forma e il significato particolare che assume la costante magnetica μ .

5. - FLUSSO MAGNETICO.

Si ha :

$$\Phi = B S$$

e quindi il flusso magnetico possiede dimensioni :

$$\frac{V T}{L^2} L^2 = V T \text{ volt} \times \text{secondo o weber}$$

coincidenti con quelle della massa magnetica.

6. - TEOREMA DI GAUSS (fig. 1).

Consideriamo una massa magnetica isolata m . La componente normale alla superficie dS della forza magnetica sarà :

$$H_n = H \cos \theta = \frac{1}{\mu} \cdot \frac{m}{4 \pi r^2} \cos \theta$$

e quindi la componente normale della induzione magnetica sarà:

$$B_n = \mu H \cos \theta = \frac{m}{4\pi r^2} \cos \theta$$

e il flusso elementare d'induzione uscente dalla superficie dS

$$d\Phi = \frac{m}{4\pi r^2} \cos \theta dS$$

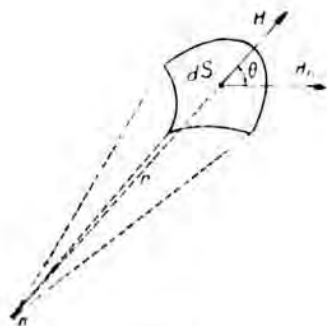


FIGURA 1.

ma :

$$\frac{dS \cos \theta}{r^2} = d\omega$$

dove con $d\omega$ abbiamo indicato l'angolo solido elementare; quindi integrando il flusso per tutta la superficie si ha :

$$\Phi = \frac{1}{4\pi} \int m d\omega = m$$

cioè il flusso di induzione nel sistema M. K. S. Ω . coincide con la massa magnetica.

La razionalizzazione della formola di Gauss costituisce un risultato basilare del sistema M. K. S. Ω ., in quanto da questa deriva direttamente la trasformazione di molte altre espressioni.

Fisicamente il flusso totale d'induzione o di spostamento di un polo magnetico viene ad essere identificato con la sua portata

totale, ossia con la massa magnetica in esso concentrata. Nel sistema Giorgi questa nuova concezione, che può essere derivata direttamente dal modo con cui abitualmente si misura il flusso di una sorgente di calore o di una sorgente idrodinamica, viene a sostituire l'antica, secondo la quale si assumeva come misura di una carica o di un polo il valore del vettore induzione alla distanza uno; il che, in seguito alla integrazione superficiale, portava alla introduzione del fattore 4π nella espressione del flusso totale ⁽²⁾.

7. - MAGNETISMO NELL'INTERNO DEI MAGNETI.

Ricordiamo che si definisce intensità di magnetizzazione di un magnete il momento magnetico riferito all'unità di volume. Si ha infatti:

$$\mathfrak{J} = \frac{d\mathfrak{M}}{dv}$$

dove $d\mathfrak{M}$ è il momento magnetico di un elemento di volume dv . Ora $\mathfrak{M}$, prodotto di una massa magnetica per una lunghezza, ha nel sistema Giorgi le dimensioni:

$$V T L = \text{weber} \times \text{metro}$$

quindi risultano per $\mathfrak{J}$ le dimensioni:

$$\frac{V T L}{L^3} = V T L^{-2} \quad \text{weber/metro}^2$$

coincidenti con le dimensioni dell'induzione magnetica, come già osservammo. D'ora innanzi indicheremo l'intensità di magnetizzazione, che coincide con la densità superficiale di massa magnetica, con il simbolo σ , ricordando che essa non si differenzia dimensionalmente dalla induzione magnetica, ma che può assumere valori diversi da zero solamente nell'interno delle sostanze magnetizzate.

⁽²⁾ vedi G. GIORGI. - Loc. cit., e inoltre: O. HEAVISIDE. - The electromagnetic Theory, pagg. 116-120, Londra 1893.

8. - FORZE NELL' INTERNO DEI MAGNETI.

Ricordiamo anzitutto che si definisce come forza magnetica in un punto interno ad un magnete la forza che si eserciterebbe in quel punto sulla massa magnetica unitaria quando al materiale magnetico si potesse sostituire l'aria o l'etere senza alterare per nulla con questa sostituzione la distribuzione delle masse magnetiche e delle correnti elettriche nello spazio. ⁽³⁾.

La definizione è astratta ma è matematicamente precisa e valida per qualsiasi sistema di unità.

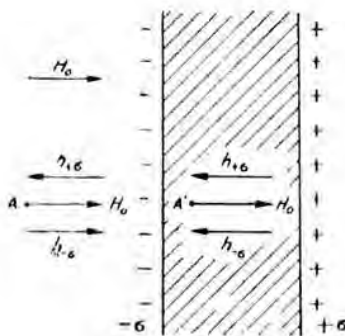


FIGURA 2.

Ciò premesso, consideriamo un campo magnetico uniforme di intensità H_0 e immaginiamo di introdurre (fig. 2) una lamina indefinitamente estesa di materiale magnetico, le cui facce siano ortogonali alla forza magnetica H_0 .

La lamina per effetto del campo si polarizza magneticamente per induzione, con intensità di magnetizzazione uniforme, e sulle sue facce si manifestano due distribuzioni di masse magnetiche libere di densità superficiale rispettivamente $-\sigma$ e $+\sigma$.

Vediamo ora l'intensità risultante del campo in un punto esterno alla lamina A e in un punto A' interno ad essa.

⁽³⁾ G. FERRARIS - Lezioni di Elettrotecnica, Torino 1928, pag. 168.

Nel punto A si eserciteranno la forza H_o del campo e inoltre $h_{+\sigma}$ ed $h_{-\sigma}$ dovute alle due distribuzioni superficiali di massa magnetica. Ora, se consideriamo positiva la direzione della H_o , abbiamo per il teorema di Gauss ⁽⁴⁾, supposte indefinite le facce della lamina: $h_{-\sigma} = \frac{\sigma}{2\mu_o}$, $h_{+\sigma} = -\frac{\sigma}{2\mu_o}$.

Quindi la forza magnetica risultante nel punto A , sarà:

$$H_A = H_o + \frac{\sigma}{2\mu_o} - \frac{\sigma}{2\mu_o} = H_o.$$

L'introduzione della lamina magnetica non porta quindi variazioni nella forza magnetica in un punto esterno del campo.

Vediamo ora che cosa avviene per A' .

Qui la forza risultante sarà ancora data dalla H_o e dalle $h_{-\sigma}$, $h_{+\sigma}$ ma con la differenza che queste ultime hanno ambedue la stessa direzione contraria a quella di H_o . Avremo perciò:

$$H_{A'} = H_o - \frac{\sigma}{2\mu_o} - \frac{\sigma}{2\mu_o} = H_o - \frac{\sigma}{\mu_o}.$$

⁽⁴⁾ Infatti, immaginiamo di avere un elemento di superficie piana dS sul quale esiste una distribuzione di massa magnetica di densità σ (fig. 3). Con-

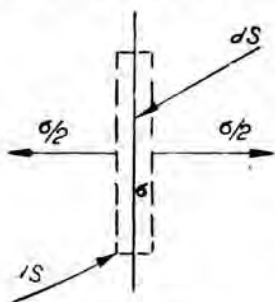


FIGURA 3.

Consideriamo la superficie chiusa formata da due elementi paralleli a dS e aventi area uguale ad esso, infinitamente vicini fra di loro, ed alla superficie cilindrica dS' condotta normalmente alla superficie dS per il suo contorno.

Applicando il teorema di Gauss si ha che il flusso di induzione uscente da questa superficie chiusa è σdS . Ma l'area dS' è infinitamente piccola rispetto a dS ; quindi è trascurabile il flusso che esce da essa, in confronto ai flussi uscenti da due elementi di superficie dS , nei quali si ripartisce ugualmente il flusso totale nella misura di $\frac{\sigma dS}{2}$ per ognuno di

essi. Allora in un punto esterno molto vicino a dS l'induzione sarà $\frac{\sigma}{2}$ e la forza $\frac{\sigma}{2\mu_o}$.

L'estensione al caso di superfici indefinite è immediata e porta alla stessa conclusione.

Osserviamo a questo proposito che non deve meravigliare che si sia usato per la costante magnetica il valore che essa assume nel vuoto; infatti, per la definizione citata della forza magnetica, dobbiamo appunto supporre sostituito il vuoto al materiale magnetico.

In un punto interno della lamina, la forza magnetica risultante non assume dunque più lo stesso valore che essa aveva prima della introduzione della lamina, ma assume invece un valore che ne differisce della quantità $\frac{\sigma}{\mu_o}$.

Poichè i punti A e A' possono essere presi comunque vicini alla faccia di distribuzione $-\sigma$, senza che le condizioni subiscano variazioni, possiamo dire che nel passaggio attraverso la faccia della lamina, sulla quale si ha la distribuzione superficiale $-\sigma$, la forza magnetica si incrementa bruscamente della quantità $-\frac{\sigma}{\mu_o}$.

Consideriamo ora il vettore omogeneo con una forza magnetica

$$H_s = H + \frac{\sigma}{\mu_o}$$

dove con H si intende la forza magnetica risultante in un punto qualunque dal campo, esterno o interno al materiale magnetico.

In un punto esterno al materiale magnetico si ha:

$$\sigma = 0 \quad ; \quad H = H_o$$

e quindi:

$$H_s = H = H_o$$

In un punto interno al materiale magnetico si ha:

$$H = H_o - \frac{\sigma}{\mu_o}$$

e quindi:

$$H_s = H_o - \frac{\sigma}{\mu_o} + \frac{\sigma}{\mu_o} = H_o$$

cioè, in un punto qualsiasi esterno o interno al materiale magnetico, il vettore H , assume lo stesso valore H_0 che aveva il campo prima dalla introduzione del materiale magnetico. Quindi il vettore H_s conserva in tutto lo spazio una distribuzione continua e possiede, inoltre, una distribuzione solenoidale, come sarebbe facile dimostrare applicando il teorema di Gauss.

Il vettore H_s corrisponde alla grandezza elettromagnetica della forza magnetica ed il suo significato fisico è lo stesso.

Nello spazio non occupato dal magnete, H_s coincide infatti con la H , mentre nello spazio interno ai magneti esso rappresenta la forza magnetica che si misurerebbe nella direzione della H , qualora nella sostanza magnetizzata si praticasse una cavità infinitamente sottile (fig. 4) le cui facce fossero parallele fra di loro e ortogonali alla H ⁽⁵⁾.

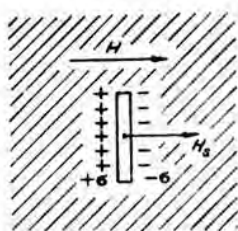


FIGURA 4.

Infatti, su questi due piani si presenterebbero due distribuzioni magnetiche $+\sigma$ e $-\sigma$ e la forza risultante $\frac{\sigma}{\mu_0}$, da esse prodotta in un punto interposto, avrebbe la stessa direzione della H e, composta con questa, darebbe appunto come risultante H_s .

9. - DEFINIZIONE GENERALE DELLA INDUZIONE MAGNETICA.

Dal vettore H_s , moltiplicandolo per μ_0 , abbiamo l'induzione magnetica :

$$B = \mu_0 H_s = \mu_0 H + \sigma.$$

⁽⁵⁾ L. LOMBARDI - Principi scientifici di Elettrotecnica, Napoli 1928, pag. 67.

La relazione risulta omogenea, se ricordiamo che σ ha le dimensioni di una induzione magnetica.

Il vettore B , avendo grandezza proporzionale ad H , è anche esso continuo e solenoidale in tutto lo spazio.

In un punto esterno al materiale magnetico si ha $\sigma = 0$ e quindi:

$$B = \mu_0 H,$$

10. - COSTANTE MAGNETICA E SUA ESPRESSIONE GENERALE.

Dal vettore B :

$$B = \mu_0 H + \sigma$$

ricavando H a fattor comune, si ottiene:

$$B = H \left(\mu_0 + \frac{\sigma}{H} \right)$$

ora, se poniamo:

$$\mu = \mu_0 + \frac{\sigma}{H},$$

ritroviamo la nota espressione:

$$B = \mu H$$

di cui ora siamo in grado di comprendere il significato fisico e la generalità.

La relazione ottenuta per la costante magnetica è perfettamente omogenea: infatti in dimensioni:

$$\mu = R T L^{-1} + \frac{V T L^{-2}}{A L^{-1}} = R T L^{-1} \quad \text{henry/metro.}$$

Il rapporto $\frac{\sigma}{H}$ definisce anche nel nuovo sistema la *suscettività magnetica* del materiale magnetico in esame. Nei sistemi non razionalizzati essa veniva infatti definita come il rapporto fra l'intensità di magnetizzazione e la forza magnetica; nel sistema

M. K. S. Ω . essa conserva la sua definizione, ma assume dimensioni uguali a quelle di una costante magnetica cioè di una permeabilità. Può anzi essere definita come una particolare *permeabilità interna* dei materiali magnetici nei riguardi della intensità di magnetizzazione.

Nel vuoto o nell'aria si ha come al solito $\sigma = O$ e quindi la permeabilità assume il valore :

$$\mu = \mu_0$$

mentre la suscettività si annulla.

11. - SPOSTAMENTO MAGNETICO.

Esso non si differenzia dalla induzione magnetica, come si può immediatamente vedere.

Infatti lo spostamento magnetico nei sistemi non razionalizzati veniva definito secondo il rapporto :

$$b = \frac{B}{4\pi h}$$

ove B rappresenta il valore della grandezza elettromagnetica della forza magnetica nei sistemi non razionalizzati, e h la costante della legge di Coulomb.

Nel sistema Giorgi, avendosi $h = \frac{1}{4\pi\mu}$, si ha :

$$b = \frac{B}{4\pi} \cdot 4\pi\mu = \mu B$$

e quindi, essendo B una forza magnetica, abbiamo dimostrato quanto si desiderava.

12. - POTENZA DI UNA LAMINA MAGNETICA.

Essa è definita dal prodotto della intensità di magnetizzazione per lo spessore δ e quindi è :

$$P = \sigma \times \delta$$

ed ha perciò le dimensioni:

$$\frac{VT}{L^2} \cdot L = VT L^{-1} \quad \text{weber/metro.}$$

13. - FORMULA DI POISSON.

Consideriamo una distribuzione di forza magnetica H , di componenti H_x, H_y, H_z . Se ci riferiamo ad un elemento infinitesimo di volume $dv = dx \, dy \, dz$, si ha in base alla definizione di divergenza.

$$\operatorname{div} B = \operatorname{div} \mu H = \left[\frac{\partial H_x}{\partial x} + \frac{\partial H_y}{\partial y} + \frac{\partial H_z}{\partial z} \right] \mu = \frac{d\varphi}{dv}$$

e quindi il flusso uscente dall'elemento infinitesimo dv è:

$$d\varphi = \left[\frac{\partial H_x}{\partial x} + \frac{\partial H_y}{\partial y} + \frac{\partial H_z}{\partial z} \right] \mu \, dv$$

Ma, per la definizione di potenziale:

$$H_x = -\frac{\partial V}{\partial x}; \quad H_y = -\frac{\partial V}{\partial y}; \quad H_z = -\frac{\partial V}{\partial z}$$

dove con V si è indicato il potenziale della forza magnetica.

Quindi, per il flusso, si ha:

$$d\varphi = - \left[\frac{\partial^2 V}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial z^2} \right] \mu \, dv = - \Delta^2 V \cdot \mu \, dv.$$

D'altra parte per il teorema di Gauss, se indichiamo con ρ la densità della massa magnetica nell'elemento dv , si ha, per il flusso uscente dall'elemento dv , l'espressione:

$$d\varphi = \rho \, dv$$

e quindi, uguagliando le due espressioni:

$$\rho = - \mu \Delta^2 V$$

che è la formula di Poisson da cui si ricavano le dimensioni della ρ :

$$RTL^{-1} \cdot AL^{-2} = VT L^{-3} \quad \text{cioè weber/m}^3$$

14. - ENERGIA DI POLARIZZAZIONE MAGNETICA.

L'energia necessaria per stabilire in un mezzo di permeabilità μ una distribuzione di forza magnetica H o di induzione B è per ogni unità di volume :

$$W = \int H dB = \mu \int H dH = \frac{1}{2} \mu H^2$$

da cui si ottengono le dimensioni :

$$R T L^{-1} \cdot A^2 L^{-2} = V A T L^{-3} \quad \text{cioè joule/m}^3$$

che sono appunto quelle di un'energia per unità di volume.

C - Elettrostatica.

1. - FORMULA DI COULOMB.

Si ha analogamente a quanto avviene nel magnetismo :

$$f = k \frac{q q'}{r^2} = \frac{1}{4 \pi \varepsilon} \cdot \frac{q q'}{r^2}$$

dove con ε si indica la costante dielettrica o capacitività o capacità specifica del mezzo nel quale si trovano le masse elettriche.

La formula dimensionale coincide con quella di una forza :

$$\frac{1}{R^{-1} L^{-1} T} \cdot \frac{A^2 T^2}{L^2} = R A^2 T L^{-1}$$

ma $R A^2 T = V A T$ è un'energia, quindi :

$$M L^2 T^{-2} L^{-1} = M L T^{-2}$$

In modo del tutto analogo a quanto si è fatto per il magnetismo, si ottengono le espressioni che seguono :

2. - FORZA ELETTRICA.

$$E = \frac{1}{\varepsilon} \cdot \frac{q}{4 \pi r^2}$$

$$\frac{1}{R^{-1} L^{-1} T} \cdot \frac{A T}{L^2} = V L^{-1} \quad (\text{volt per metro}).$$

3. - INDUZIONE ELETTRICA.

$$D = \varepsilon E = \frac{q}{4 \pi r^2}$$

$$\frac{A T}{L^2} = Q L^{-2} \text{ (coulomb per metro quadrato).}$$

Anche qui coincidono con l'induzione la densità superficiale di carica, lo spostamento elettrico e la polarizzazione elettrica.

4. - POTENZIALE ELETTRICO.

$$V = \int E dr = - \frac{1}{4 \pi \varepsilon} \frac{q}{r}$$

$$\frac{1}{R^{-1} L^{-1} T} \frac{A T}{L} = V \text{ volt.}$$

5. - FLUSSO ELETTRICO.

$$\Phi = D S \quad \frac{Q}{L^2} L^2 = Q \quad \text{coulomb}$$

il flusso coincide cioè con la massa elettrica.

La stessa cosa è espressa dal teorema di Gauss.

6. - FORMULA DI POISSON.

La formula di Poisson per la densità della massa elettrica si dimostra in modo perfettamente analogo a quanto si è fatto per il magnetismo: basta sostituire, alle grandezze magnetiche, le grandezze elettrostatiche.

7. - CAPACITÀ ELETTRICA.

Viene definita dal rapporto:

$$C = \frac{Q}{V} \text{ ed ha quindi dimensioni } \frac{A}{V} T = R^{-1} T.$$

La formula generale, che dà la capacità di un condensatore di forma geometrica qualunque, quando le due armature presentano in ogni punto la stessa distanza fra le coppie di elementi corrispondenti e si possa supporre che la forza elettrica vi conservi una grandezza costante, diventa :

$$C = \epsilon \frac{S}{\delta}$$

$$R^{-1} L^{-1} T L^2 L^{-1} = R^{-1} T \quad \text{farad}$$

dove S indica la superficie di un'armatura e δ la distanza fra le due armature.

8. - ENERGIA DI POLARIZZAZIONE ELETTROSTATICA.

In modo del tutto analogo a quanto si è visto per un campo magnetico, si ha :

$$W = \int E dD = \epsilon \int E dE = \frac{1}{2} \epsilon E^2 \quad (*)$$

da cui le dimensioni :

$$R^{-1} L^{-1} T V^2 L^{-2} = A V T L^{-3} \quad \text{joule/m}^3$$

che sono appunto quelle di un'energia per unità di volume.

È facile ricavare dalla (*) l'espressione della energia potenziale di un condensatore di capacità C carico alla d. d. p. V .

Si ha infatti per la costante dielettrica del mezzo il valore :

$$\epsilon = C \frac{\delta}{S}$$

e per la forza elettrica fra le due armature il valore :

$$E = \frac{V}{\delta}.$$

Sostituendo nella (*) si ha la nota espressione :

$$W = \frac{1}{2} \frac{C V^2}{S \delta}$$

dove $S \delta$ è il volume del mezzo polarizzato.

D - Elettromagnetismo.

1. - LEGGE DI AMPÈRE.

Essa nel sistema M. K. S. Ω si scrive :

$$\int H dl = i \quad \left[\text{dimensioni } A L^{-1} L = A \right]$$

cioè la circuitazione della forza magnetica H prodotta dalla corrente i , deve riprodurre la corrente stessa.

2. - FORMOLA DI BIOT E SAVART.

Si ricava immediatamente dalla legge di Ampère. Infatti supponiamo di avere una corrente rettilinea i ; essa stabilirà un campo di forza magnetica H , diretta secondo linee circolari giacenti in piani ortogonali al conduttore rettilineo.

$$\int H dl = 2 \pi r H$$

ma per la legge di Ampère si ha anche :

$$\int H dl = i$$

quindi :

$$H = \frac{1}{2 \pi r} i \quad \text{ampere/metro}$$

che dà la formola di Biot e Savart nel sistema M. K. S. Ω .

3. - CAMPO MAGNETICO PRODOTTO DA UN SOLENOIDE RETTILINEO.

Supposto il solenoide di lunghezza indefinita e indicato con n il numero di spire per unità di lunghezza cioè per metro e con i la corrente che circola nel solenoide, la forza magnetica nell'interno è :

$$H = n i$$

Se il solenoide ha una lunghezza l grande rispetto al diametro si ha :

$$H = \frac{N}{l} i \quad \text{dove } N \text{ è il numero complessivo delle}$$

spire del solenoide.

4. - LEGGE DEI CIRCUITI MAGNETICI.

Se indichiamo con N il numero dei concatenamenti di una linea chiusa di forza magnetica con una corrente i si ha per la legge di Ampère :

$$\oint H dl = Ni$$

o anche, essendo :

$$\oint H dl = \int \frac{B}{\mu} dl = \int \frac{\Phi}{\mu S} dl$$

$$Ni = \int \frac{\Phi}{\mu S} dl = \Sigma R \Phi$$

dove con $R = \int \frac{dl}{\mu S}$ si è indicata la riluttanza di un tronco del circuito magnetico nel quale il flusso è costante. La riluttanza ha dimensioni $\frac{L}{R T L^{-1} L^2} = R^{-1} T^{-1} [1/\text{henry}]$ cioè inverse a quelle di una induttanza.

5. - APPLICAZIONE DELLA LEGGE DI AMPÈRE AD UNA ELETTROCALAMITA A FERRO DI CAVALLO.

Consideriamo una elettrocalamita, del tipo indicato in fig. 5, eccitata da una corrente i che attraversi N spire di una bobina collocata sul giogo.

La lunghezza della fibra media della elettrocalamita sia l , e δ sia lo spessore dell'intraferro. L'insieme costituisce un tubo di induzione lungo il quale, se consideriamo nulla la dispersione, il flusso di induzione è costante.

Applicando la legge di Ampère abbiamo :

$$N i = \int H dl = \int \frac{B}{\mu} dl$$

ora :

$$\int_{NSPN} \frac{B}{\mu} dl = \int_{NP'S} \frac{B}{\mu} dl + \int_{SPN} \frac{B}{\mu} dl.$$

Se il tratto $NP'S$, che si svolge nel vuoto o nell'aria, è molto piccolo, possiamo supporre che l'induzione sia costante con grande

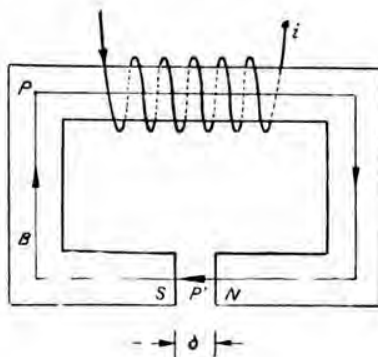


FIGURA 5.

approssimazione, quindi l'integrale della forza magnetica nell'intraferro sarà :

$$\int_{NP'S} \frac{B}{\mu} dl = \frac{B}{\mu_0} \delta.$$

D'altra parte anche nell'interno del materiale magnetico possiamo supporre B costante, se è costante la sezione S della calamita. Quindi si ha :

$$\int_{SPN} \frac{B}{\mu} dl = \frac{B}{\mu} l$$

e perciò :

$$Ni = B \left[\frac{\delta}{\mu_o} + \frac{l}{\mu} \right]$$

ed introducendo il flusso :

$$\Phi = BS, \quad Ni = \Phi \left[\frac{\delta}{\mu_o S} + \frac{l}{\mu S} \right]$$

in cui l'espressione in parentesi al secondo membro rappresenta le riluttanze parziali dei due tratti del circuito magnetico cioè dell'intraferro e della elettrocalamita. Potremo quindi scrivere anche :

$$Ni = \Phi [R_\delta + R_l].$$

6. - CORRENTI AMPERIANE ED EFFETTO SMAGNETIZZANTE.

È noto come il magnetismo dei corpi magnetici si può spiegare con la presenza di correnti amperiane le quali esistono naturalmente, come nelle calamite, ovvero sono orientate artificialmente da f. m. m. esterne. In ambedue i casi il corpo magnetico si comporta come se possedesse una f. m. m. impressa e localizzata che chiameremo F_i ; la F_i produce appunto nel corpo magnetico la intensità di magnetizzazione σ .

Alla presenza della f. m. m. impressa si deve quindi la maggiore intensità dei fenomeni magnetici nei corpi magnetici.

Se ora consideriamo un magnete di lunghezza finita, sulle due faccie ortogonali alla direzione di magnetizzazione si manifesteranno due distribuzioni di masse magnetiche libere, di densità $+\sigma$ e $-\sigma$, le quali si possono considerare prodotte dallo spostamento nella direzione di magnetizzazione di una distribuzione uniforme di massa magnetica positiva nello spazio occupato dal magnete, rispetto alla corrispondente distribuzione uniforme di massa magnetica negativa.

La forza dovuta a questa doppia distribuzione di masse magnetiche libere manifestatesi alle estremità, ha la direzione contraria alla magnetizzazione e si sottrae quindi al campo esterno, come si è già visto al paragrafo B n. 8.

Le due distribuzioni considerate producono quindi un effetto smagnetizzante proporzionale al campo magnetico risultante; da questo dipende anche la f. m. m. impressa e quindi la intensità di magnetizzazione.

L'effetto smagnetizzante dipende inoltre dalla forma del magnete. Così in un toro con un intraferro molto sottile, o in un cilindro molto lungo, l'effetto smagnetizzante è quasi nullo mentre diventa massimo in un disco sottile.

7. - EFFETTO SMAGNETIZZANTE IN UN ELLISSOIDE. ⁽⁶⁾

Consideriamo un ellissoide, e in esso una distribuzione uniforme di massa magnetica positiva di densità ρ ; il potenziale magnetico prodotto da questa distribuzione in un punto interno è ⁽⁷⁾:

$$V = -\frac{h\rho}{2} \left[Lx^2 + My^2 + Nz^2 \right],$$

e nel sistema M. K. S. Ω :

$$V = -\frac{1}{4\pi\mu_0} \frac{\rho}{2} \left[Lx^2 + My^2 + Nz^2 \right],$$

dove con L , M ed N si sono indicati dei coefficienti i cui valori sono forniti da espressioni che dipendono dalla forma dell'ellissoide, cioè dalla sua eccentricità ⁽⁸⁾.

Se ora consideriamo presente nell'ellissoide una distribuzione uniforme di massa magnetica negativa pure di densità ρ e spostata

⁽⁶⁾ Affinchè in un corpo magnetico si possa avere una distribuzione uniforme di massa magnetica, è necessario che il potenziale nell'interno di esso sia una funzione quadratica delle coordinate; questo può essere vero solo in uno spazio limitato da una superficie chiusa del 2° ordine, cioè solo se il corpo ha la forma di un ellissoide. - Vedi MAXWELL, *Traité d'Electricité et de Magnétisme* - Paris 1889, vol. II, pag. 75.

⁽⁷⁾ THOMSON et TAIT - *Natural Philosophy*, pag. 522.

⁽⁸⁾ MAXWELL - Loc. cit. pagg. 76-77. - Per un ellissoide molto lungo e sottile si può ritenere

$$L = \frac{4\pi c^2}{a^2} \left(\log \frac{2a}{c} - 1 \right) \quad M = N = 2\pi$$

dove a è l'asse maggiore di rotazione e $b = c$ sono gli altri due.

rispetto a quella positiva di Δx , il potenziale da essa prodotto nello stesso punto interno già considerato sarà ⁽⁹⁾:

$$- \left[V + \frac{\partial V}{\partial x} \Delta x \right]$$

e quindi il potenziale risultante dalla doppia distribuzione viene ad essere:

$$- \frac{\partial V}{\partial x} \Delta x = \rho \frac{L x \Delta x}{4 \pi \mu_o} = \frac{\sigma L x}{4 \pi \mu_o},$$

dove σ è la densità di magnetizzazione.

La forza magnetica che ne risulta assume quindi il valore:

$$\frac{\partial^2 V}{\partial x^2} \Delta x = - \frac{\sigma L}{4 \pi \mu_o}$$

e segno contrario rispetto al campo esterno H_o .

La forza magnetica risultante è perciò:

$$H = H_o - \frac{\sigma L}{4 \pi \mu_o},$$

o anche, se indichiamo la suscettività magnetica con $K = \mu - \mu_o$ (vedi paragrafo B n. 10)

$$H = H_o - \frac{K L}{4 \pi \mu_o} H$$

e quindi:

$$H = \frac{H_o}{1 + \frac{K L}{4 \pi \mu_o}} = \frac{H_o}{1 + \alpha},$$

dove $\alpha = \frac{K L}{4 \pi \mu_o} = \frac{(\mu - \mu_o) L}{4 \pi \mu_o}$ è un coefficiente che possiamo chiamare *coefficiente di smagnetizzazione* e la cui influenza, tendente a diminuire il campo risultante nell'interno del corpo magnetico, è ormai chiara.

In dimensioni α risulta un numero; infatti:

$$\frac{R T L^{-1}}{R T L^{-1}} = 1.$$

⁽⁹⁾ LOMBARDI - Loc. cit. pagg. 106 e seg.

8. - CASO DI UN MAGNETE PERMANENTE.

Un magnete cilindrico, avente una lunghezza l molto grande rispetto al diametro, può essere considerato con grande approssimazione agli effetti della smagnetizzazione come un ellissoide di rivoluzione molto allungato.

Il campo risultante nell'interno di esso sarà dato perciò dall'espressione già considerata per l'ellissoide. H_o è in questo caso il campo prodotto dalla F_i naturale del magnete che è la sola agente.

In un punto interno si ha dunque ancora:

$$H = \frac{H_o}{1 + \alpha}.$$

All'esterno il campo smagnetizzante, che è sempre diretto da Nord a Sud, ha la stessa direzione di H e si somma ad esso; quindi in un punto esterno si ha:

$$H + \alpha H = H_o.$$

D'altra parte il campo all'esterno cade a zero già ad una distanza piccolissima ε dalle faccie d'estremità del magnete. Se facciamo quindi l'integrale di linea del campo abbiamo:

$$F_i = \varepsilon H_o + lH \simeq lH$$

In definitiva si ha all'interno:

$$H = \frac{F_i}{l} = \frac{H_o}{1 + \alpha}$$

e all'esterno:

$$H_o = \frac{1 + \alpha}{l} F_i.$$

9. - CASO DI UN ELETTROMAGNETE.

Consideriamo un solenoide ad asse rettilineo che abbia N spire percorse dalla corrente i . Il campo prodotto nell'interno, se la lunghezza l è grande rispetto al diametro, è come sappiamo:

$$H_o = n i,$$

Introduciamo ora nell'interno del solenoide un nucleo cilindrico di materiale magnetico che occupi completamente lo spazio interno. Per effetto del campo esterno, nel nucleo si produce una f. m. m. F_i il cui effetto è di diminuire il campo inducente. Si ha cioè, assimilando sempre il nucleo cilindrico ad un ellissoide:

$$H = H_o - \alpha H$$

e quindi, ritenendo come prima trascurabile il contributo dell'integrale di linea esteso al campo esterno:

$$Ni + F_i = \varepsilon H_o + lH \simeq lH$$

che si può scrivere:

$$Ni \left(1 + \frac{F_i}{Ni}\right) = \frac{l\Phi}{\mu_o S},$$

in cui Φ è il flusso.

Ora possiamo porre:

$$\frac{F_i}{Ni} = \frac{\mu - \mu_o}{\mu_o}.$$

Infatti, ricordando la definizione di μ data al paragrafo B, n. 10, si ha:

$$\mu - \mu_o = \frac{\sigma}{H}$$

e quindi:

$$\frac{F_i}{Ni} = \frac{\sigma}{\mu_o H} = \frac{\frac{\sigma}{H}}{\mu_o},$$

il che esprime che le f. m. m. stanno fra loro come le forze magnetiche da esse prodotte, ciò che è sempre lecito porre.

Si avrà allora:

$$Ni \left(1 + \frac{\mu - \mu_o}{\mu_o}\right) = \frac{l\Phi}{\mu_o S}$$

o anche:

$$Ni \frac{\mu}{\mu_o} = \frac{l\Phi}{\mu_o S}$$

da cui:

$$Ni = \frac{l \Phi}{\mu_o S} \cdot \frac{\mu_o}{\mu} = \frac{l \Phi}{\mu S} = l H \frac{\mu_o}{\mu}$$

e quindi:

$$H = \frac{Ni}{l} \frac{\mu}{\mu_o}$$

$$H_o = H (1 + \alpha) = (1 + \alpha) \frac{Ni}{l} \frac{\mu}{\mu_o}$$

Da quanto si è detto si può derivare una nuova definizione della μ . Infatti si ha:

$$\frac{F_i}{Ni} = \frac{\mu - \mu_o}{\mu_o} = \frac{\mu}{\mu_o} - 1$$

e quindi:

$$\frac{\mu}{\mu_o} = \frac{F_i + Ni}{Ni},$$

cioè la costante magnetica di un materiale magnetico sta alla costante magnetica del mezzo vuoto nello stesso rapporto in cui la f. m. m. agente complessivamente nel materiale magnetico sta alla f. m. m. agente nel vuoto.

E - Elettrodinamica.

1. - LEGGE DI FARADAY.

Se consideriamo un flusso magnetico Φ rettilineo e di intensità variabile nel tempo, la sua variazione rispetto al tempo, cioè $\frac{d\Phi}{dt}$, corrisponde ad una corrente magnetica; essa dà luogo ad un campo elettrico.

La circuitazione della forza elettrica risultante lungo un circuito che abbracci il flusso stesso, deve riprodurre, per la legge di Faraday, la corrente magnetica stessa.

Deve cioè essere :

$$e = \int E \, dl = - \frac{d\Phi}{dt} \quad (\text{dimensioni } \frac{VT}{T} = V).$$

Se ora il flusso magnetico si concatena N volte con il circuito, si ha :

$$e = -N \frac{d\Phi}{dt} = -NS \frac{dB}{dt} = -NS\mu \frac{dH}{dt}$$

e in dimensioni :

$$L^2 R T L^{-1} A L^{-1} T^{-1} = R A = V \quad \text{volt.}$$

L'espressione della legge di Faraday assume quindi nel sistema M. K. S. Ω . la stessa forma che essa assumeva nei sistemi non razionalizzati.

2. - COEFFICIENTE DI INDUZIONE MUTUA.

Immaginiamo una spirale primaria avente N_1 spire e lunga l e una spirale secondaria avente N_2 spire di superficie S_2 , disposta nell'interno della primaria, in modo che le spire dell'una e dell'altra spirale si trovino in piani paralleli. Calcoliamo il flusso che si concatena con la spirale secondaria, quando nella spirale primaria passa una corrente i .

Se indichiamo con H la forza del campo magnetico stabilito nell'interno della spirale primaria per effetto della corrente i , il flusso che si concatena con una spira della spirale secondaria è :

$$\varphi = BS_2 = \mu HS_2$$

e quindi il flusso concatenato con N_2 spire è :

$$\Phi = \mu N_2 S_2 H$$

Ma d'altra parte :

$$H = \frac{N_1 i}{l}$$

(vedi campo magnetico prodotto da un solenoide rettilineo). Quindi :

$$\Phi = \mu \frac{N_1 N_2 S_2}{l} i = M_{12} i.$$

Il rapporto fra il flusso secondario e la corrente primaria che lo produce si può definire come coefficiente d'induzione mutua fra il primo e il secondo circuito.

$$M_{12} = \mu \frac{N_1 N_2 S_2}{l}$$

e in dimensioni :

$$R T L^{-1} \cdot L^2 \cdot L^{-1} = R T = \text{henry}$$

cioè le dimensioni di una induttanza.

Se $i = 1$, si vede da quanto sopra che $\Phi = M_{12}$; cioè il coefficiente di induzione mutua misura il flusso di induzione che un circuito mantiene attraverso un altro quando il primo è attraversato dalla corrente unitaria.

Dalla legge di Faraday scaturisce una ulteriore definizione del coefficiente di induzione mutua.

Infatti, se la i varia, varia anche Φ e quindi nel secondario si genera una f. e. m.

$$e_2 = - \frac{d\Phi}{dt} = - M_{12} \frac{di}{dt}$$

cioè il coefficiente d'induzione mutua è misurato numericamente in henry dalla tensione in volt che si genera ai capi del secondario, quando la corrente primaria varia di 1 ampere per ogni unità di tempo.

3. - COEFFICIENTE DI AUTOINDUZIONE.

Per il caso di un solenoide rettilineo esso si ricava in modo del tutto analogo al coefficiente di induzione mutua.

Si ha infatti:

$$\Phi = \mu \frac{N^2 S}{l} i = L i$$

cioè: $L = \mu \frac{N^2 S}{l}$ (dimensioni $R T L^{-1} L^2 L^{-1} = R T$)

ove al solito N rappresenta il numero di spire, S la superficie di una spira ed l la lunghezza del solenoide.

Le varie definizioni date per il coefficiente di induzione mutua si estendono senza difficoltà al caso del coefficiente di autoinduzione.

4. - FORZA ESERCITATA DA UN CAMPO MAGNETICO SU UN CONDUTTORE PERCORSO DA CORRENTE.

Un campo magnetico d'induzione $B = \mu H$ esercita, su un conduttore di lunghezza l percorso da corrente i e posto nel campo, una forza di attrazione che si può calcolare in base alla formola di Laplace :

$$f = \mu H i l \sin \theta$$

dove θ è l'angolo formato dalle direzioni di H e di i .

Passando alla formola dimensionale si ritrovano le dimensioni di una forza :

$$R T L^{-1} \cdot A L^{-1} \cdot A \cdot L = R A \cdot A T L^{-1} = V A T L^{-1}$$

ma, come è noto, essendo $V A T$ una energia, si ha :

$$V A T L^{-1} = M L^2 T^{-2} L^{-1} = M L T^{-2}$$

F - Teoria di Maxwell.

1. - EQUAZIONI DI MAXWELL.

Nel sistema M. K. S. Ω , esse divengono più semplici.

Se indichiamo con u la densità di corrente, uguale alla variazione della densità del flusso elettrico, si ha :

$$\begin{aligned} u + \frac{dD}{dt} &= \text{rot } H = u + \varepsilon \frac{dE}{dt} \\ - \frac{dB}{dt} &= \text{rot } E = - \mu \frac{dH}{dt} \end{aligned}$$

e in dimensioni :

$$\begin{aligned} \frac{A}{L^2} + \frac{A T L^{-2}}{T} &= \frac{A L^{-1}}{L} = \\ &= \frac{A}{L^2} + R^{-1} L^{-1} T \frac{V L^{-1}}{T} = A L^{-2} \quad \text{ampere/m}^2 \\ \frac{V T L^{-2}}{T} &= \frac{V L^{-1}}{L} = R T L^{-1} \frac{A L^{-1}}{T} = V L^{-2} \quad \text{volt/m}^2 \end{aligned}$$

2. - POTENZIALE ELETTRODINAMICO GENERALE.

Indichiamo con ϵ_0 e μ_0 la costante dielettrica e la costante magnetica nel vuoto. Abbiamo allora nel sistema Giorgi e nel vuoto le seguenti equazioni :

$$u + \epsilon_0 \frac{dE}{dt} = \text{rot } H \quad (\text{dimensioni } A L^{-2} \text{ ampere/m}^2) \quad (1)$$

$$- \mu_0 \frac{dH}{dt} = \text{rot } E \quad (\quad \quad \quad V L^{-2} \text{ volt/m}^2) \quad (2)$$

inoltre possiamo scrivere :

$$\text{div } H = 0 \quad (3)$$

come si ammette in generale per un mezzo magnetico uniforme e:

$$\begin{aligned} \epsilon_0 \text{div } E &= \rho \quad (\text{dimensioni } R^{-1} L^{-1} T \frac{V L^{-1}}{L} = \\ &= \frac{A T}{L^3} \text{ coulomb/m}^3) \end{aligned} \quad (4)$$

che è la formula di Poisson dove si è indicata con ρ la densità della massa elettrica.

Ricordiamo inoltre che, dato un vettore qualunque F , si ha sempre identicamente :

$$\text{div rot } F = 0.$$

Se prendiamo allora la divergenza della (1) si ha :

$$\text{div } u + \epsilon_0 \text{div } \frac{dE}{dt} = \text{div rot } H = 0.$$

e quindi per la (4):

$$\operatorname{div} u = -\varepsilon_0 \operatorname{div} \frac{dE}{dt} = -\frac{d}{dt} (\varepsilon_0 \operatorname{div} E) = -\frac{d\rho}{dt}$$

e in dimensioni:

$$\frac{AL^{-2}}{L} = \frac{ATL^{-3}}{T} = AL^{-3}$$

Possiamo ora fare la posizione:

$$H = \operatorname{rot} A \quad (\text{dimensioni } AL^{-1} = \frac{A}{L} \text{ ampere/metro}) \quad (5)$$

la quale non contraddice la (3) in quanto: $\operatorname{div} \operatorname{rot} A = 0$.

Allora, in base alla (5) abbiamo dalla (2):

$$\operatorname{rot} E = -\mu_0 \frac{dH}{dt} = -\mu_0 \frac{d}{dt} (\operatorname{rot} A) = -\operatorname{rot} \left(\mu_0 \frac{dA}{dt} \right)$$

cioè:
$$\operatorname{rot} \left(E + \mu_0 \frac{dA}{dt} \right) = 0$$

vale a dire il vettore $E + \mu_0 \frac{dA}{dt}$ è irrotazionale e ammette perciò un potenziale scalare Ψ tale che:

$$E + \mu_0 \frac{dA}{dt} = -\operatorname{grad} \Psi$$

o anche:

$$E = -\mu_0 \frac{dA}{dt} - \operatorname{grad} \Psi \quad (6)$$

o in dimensioni:

$$VL^{-1} = -RL^{-1}T \frac{A}{T} - \frac{V}{L}$$

Dalla (1) si ha per (5) e (6):

$$\operatorname{rot} H = \operatorname{rot} \operatorname{rot} A = u + \varepsilon_0 \left(-\mu_0 \frac{d^2 A}{dt^2} - \operatorname{grad} \frac{d\Psi}{dt} \right)$$

e dalla (4):

$$\rho = \varepsilon_o \operatorname{div} \left(-\mu_o \frac{dA}{dt} - \operatorname{grad} \Psi \right)$$

e poichè, come è noto: $\operatorname{div} \operatorname{grad} \Psi = \Delta^2 \Psi$,

$$\text{si ha:} \quad \rho = -\varepsilon_o \mu_o \operatorname{div} \frac{dA}{dt} - \varepsilon_o \Delta^2 \Psi \quad (4')$$

$$\text{e:} \quad \operatorname{rot} \operatorname{rot} A = u - \varepsilon_o \mu_o \frac{d^2 A}{dt^2} - \varepsilon_o \operatorname{grad} \frac{d\Psi}{dt} \quad (1')$$

Ora il vettore A è vincolato solamente dalla (5). Possiamo imporgli una ulteriore condizione e cioè:

$$\operatorname{div} A = -\varepsilon_o \frac{d\Psi}{dt} \quad (\text{dimensioni } \frac{A}{L} = R^{-1} L^{-1} T \frac{V}{T} \text{ ampere/m}). \quad (7)$$

D'altra parte, dalla teoria dei vettori si ha che:

$$\operatorname{rot} \operatorname{rot} A = \operatorname{grad} \operatorname{div} A - \Delta^2 A$$

dove:

$$\Delta^2 A = \Delta^2 A_x \cdot i + \Delta^2 A_y \cdot j + \Delta^2 A_z \cdot k$$

quindi la (1') diventa:

$$\operatorname{rot} \operatorname{rot} A = u - \varepsilon_o \mu_o \frac{d^2 A}{dt^2} - \varepsilon_o \operatorname{grad} \frac{d\Psi}{dt} = \operatorname{grad} \operatorname{div} A - \Delta^2 A.$$

Ma dalla (7) si deduce che:

$$\operatorname{grad} \operatorname{div} A = -\varepsilon_o \operatorname{grad} \frac{d\Psi}{dt}$$

cosicchè ne segue:

$$u = \varepsilon_o \mu_o \frac{d^2 A}{dt^2} - \Delta^2 A \quad (8)$$

di dimensioni:

$$A L^{-2} = R^{-1} L^{-1} T \cdot R L^{-1} T \frac{A^2}{T^2} + \frac{A^2}{L^2}.$$

Inoltre dalla (7) moltiplicando per $\varepsilon_o \mu_o$, e derivando rispetto a t abbiamo:

$$-\varepsilon_o \mu_o \operatorname{div} \frac{dA}{dt} = -\varepsilon_o \mu_o \frac{d}{dt} \operatorname{div} A = \mu_o \varepsilon_o^2 \frac{d^2 \Psi}{dt^2}$$

e quindi dalla (4'):

$$\rho = \varepsilon_o (\varepsilon_o \mu_o \frac{d^2 \Psi}{dt^2} - \Delta^2 \Psi) \quad (9)$$

e in dimensioni:

$$A \, T L^{-3} = R^{-2} L^{-2} T^2 R L^{-1} T \frac{V}{T^2} + R^{-1} L^{-1} T \frac{V}{L^2} \text{ coulomb/m}^3.$$

La (8) e la (9) sono le equazioni fondamentali che servono per determinare Ψ e A , conoscendo u e ρ che sono i dati del problema.

Noti Ψ ed A in base alle (5) e (6) si possono determinare:

$$H = \operatorname{rot} A$$

$$\text{ed} \quad E = -\mu_o \frac{dA}{dt} - \operatorname{grad} \Psi$$

ed il problema si può considerare risolto.

Quanto alla determinazione di Ψ ed A , osserviamo che, nel caso di campi statici, Ψ (volt) ed A (ampere) sono costanti nel tempo e quindi dalle (8) e (9) si hanno le:

$$u = -\Delta^2 A \quad (10)$$

$$\rho = -\varepsilon_o \Delta^2 \Psi \quad (11)$$

le quali sono facilmente integrabili.

La integrazione delle (7) (8) e (9) è analoga a quella dei campi statici ove si considerino i potenziali ritardati.

Gli integrali generali assumono la forma seguente:

$$A = \frac{1}{4\pi} \iiint \frac{u(x_1, y_1, z_1, t - \frac{r}{c})}{r} dx_1 dy_1 dz_1$$

$$\left[\text{dimensioni } A = \frac{A}{L^2 L} L^3 \text{ ampere} \right]$$

$$\Psi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \iiint \frac{\rho(x_1, y_1, z_1, t - \frac{r}{c})}{r} dx_1 dy_1 dz_1$$

$$\left[\text{dimensioni } V = \frac{A T L^{-3}}{R^{-1} L^{-1} T L} L^3 \text{ volt} \right]$$

nelle quali :

$$c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} \quad \text{e} \quad r = \sqrt{(x - x_1)^2 + (y - y_1)^2 + (z - z_1)^2}$$

e inoltre x, y, z sono le coordinate del punto in cui si considerano Ψ e A ; x_1, y_1, z_1 sono le coordinate di un punto generico nel quale ρ ed u abbiano valori diversi da zero.

3. - TEOREMA DI POYNTING.

Ricordiamo le equazioni di Maxwell :

$$u + \frac{dD}{dt} = \text{rot } H \tag{1}$$

$$-\frac{dB}{dt} = \text{rot } E \tag{2}$$

e moltiplichiamo la (1) per $-E$ e la (2) per H . Sommando si ha :

$$H \text{ rot } E - E \text{ rot } H = -u E - E \frac{dD}{dt} - H \frac{dB}{dt}$$

ma se indichiamo con $[EH]$ il prodotto vettoriale dei due vettori E ed H si ha : $H \text{ rot } E - E \text{ rot } H = \text{div } [EH]$, e quindi, moltiplicando per dv e integrando ambo i membri in tutto lo spazio considerato, otteniamo, se $[EH]_n$ è la componente del vettore $[EH]$ normale alla superficie che racchiude il volume considerato :

$$-\int (E \frac{dD}{dt} + H \frac{dB}{dt}) dv = \int (u E) dv + \int [EH]_n dS$$

poichè l'integrale della divergenza, esteso a un determinato volume, è uguale al flusso uscente dalla superficie S che racchiude il volume stesso.

Si ha anche :

$$-\frac{d}{dt} \left[\int \left(\epsilon \frac{E^2}{2} + \mu \frac{H^2}{2} \right) dv \right] = \int (u E) dv + \int [EH]_n dS.$$

Questa espressione si interpreta dicendo che la diminuzione nell'unità di tempo della energia elettromagnetica, contenuta in un determinato volume, è data dalla somma dell'energia consumata nel volume stesso nell'unità di tempo (1° termine del 2° membro) e dell'energia che sfugge nell'unità di tempo dalla superficie che racchiude il volume considerato (2° termine).

Il vettore $[EH]$ chiamato vettore di Poynting, rappresenta quindi l'energia che sfugge nell'unità di tempo secondo la direzione di $[EH]$ e attraverso l'unità di superficie normale ad esso : $[EH]$ viene infatti espresso in watt per metro quadrato come risulta dalle sue dimensioni :

$$\frac{V}{L} \frac{A}{L} = V A L^{-2} = W L^{-2} \quad \text{watt/m}^2.$$

4. - ONDE PIANE.

Per un'onda elettromagnetica piana che si propaga nel vuoto si ha la relazione :

$$E = \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}} H \quad (12)$$

e quindi, ricordando i valori che assumono ϵ_0 e μ_0 nel sistema M. K. S. $\Omega.$, si ha sostituendo :

$$E = \sqrt{\frac{1,256 \cdot 10^{-6}}{8,858 \cdot 10^{-12}}} H = 120 \pi H$$

nella quale E ed H sono normali fra loro ed alla direzione di propagazione.

Il vettore di Poynting vale quindi:

$$E H = 120 \pi H^2 = \frac{E^2}{120 \pi} \quad \text{watt/m}^2.$$

La relazione (12) dice che, nella propagazione delle onde piane nel vuoto, il mezzo si comporta come una linea di capacità ϵ_0 e di induttanza μ_0 per metro lineare cioè avente una impedenza carat-

teristica $z = \sqrt{\frac{L}{C}} = \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}} \text{ ohm.}$

Infatti in ogni punto vale la (12) e quindi la forza elettrica in volt/m si ottiene moltiplicando la forza magnetica in ampere/m per la suddetta impedenza caratteristica $\sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}} = 120 \pi \text{ ohm.}$

Nello stesso modo cioè che per una linea a costanti uniformemente distribuite e senza perdite.

* * *

Abbiamo così ottenuto le espressioni che assumono nel sistema M. K. S. Ω , le principali relazioni della Elettrotecnica. Scendere ad applicazioni relative a problemi più particolari sembra di scarsa utilità ed interesse in quanto, mentre sarebbe di immediata evidenza, non porterebbe d'altronde ad ulteriori notevoli chiarimenti concettuali.

Scopo della presente trattazione era del resto solo il mettere in luce con una serie di applicazioni pratiche i pregi essenziali del sistema Giorgi e in particolare la chiarezza che deriva alle singole espressioni, la validità generale, e, soprattutto, l'organicità con cui tutte le relazioni fondamentali vengono collegate.

L. SACCO e R. KOCH.

Realizzazione dei dispositivi biotron e negatron mediante poliodi

SOMMARIO: — *Rammentati alcuni dispositivi atti a realizzare resistenze differenziali negative statiche senza intervento di emissione secondaria, si propongono due circuiti, i quali, utilizzando rispettivamente un esodo e un pentodo, permettono di costituire trasduttori bipolari aventi caratteristica discendente.*

1) - Condizione essenziale perchè un circuito entri, e si mantenga, in oscillazione, è che la sua resistenza ohmica venga neutralizzata mediante l'introduzione, nel circuito stesso, di una conveniente resistenza differenziale negativa. La totalità dei dispositivi atti a generare oscillazioni può essere ricondotta a questo schema, e il detto effetto negativo può venire conseguito in tre distinti modi. Il primo consiste nell'istituire un opportuno accoppiamento esterno tra le componenti alternative di placca e di griglia di un triodo; il secondo nell'utilizzare, al fine di conseguire la concordanza di fase tra le dette componenti, necessaria per generare l'effetto negativo, il tempo stesso che gli elettroni impiegano a percorrere le distanze interelettrodiche; il terzo nel far uso di resistenze differenziali negative statiche.

Mentre nei dispositivi che si possono ascrivere alla prima ed alla seconda delle tre sopra menzionate categorie si utilizzano resistenze negative dinamiche, in quelli ascrivibili alla terza si ottiene il funzionamento oscillatorio disponendo in parallelo ad un circuito oscillante un trasduttore bipolare a caratteristica discendente, tale cioè che la resistenza differenziale negativa ad esso inerente può venire dedotta (almeno entro certi limiti di frequenza) dalle caratteristiche statiche. I dispositivi di questa categoria presentano quindi un interesse tutto particolare, sia perchè essi permettono di costituire dei neutralizzatori di resistenza ohmica, e degli amplificatori aperiodici di tensione e di corrente, sia perchè essi offrono

la possibilità di valutare staticamente l'importo della resistenza negativa che entra in gioco nei fenomeni dinamici. Classica applicazione è quella che consiste nel misurare direttamente la resistenza dinamica di un circuito oscillante, valutando quale sia la massima resistenza differenziale negativa, che, posta in parallelo ad esso, è capace di dare un regime oscillatorio di correnti.

La condizione oscillatoria:

$$\overline{R} \leq \frac{L}{C R}$$

(nella quale la resistenza elettrica negativa s'intende rappresentata, in modulo, dal simbolo $\overline{R}$) consente infatti di effettuare con molta semplicità un confronto diretto tra i valori assoluti di una resistenza dinamica e di una resistenza valutabile staticamente.

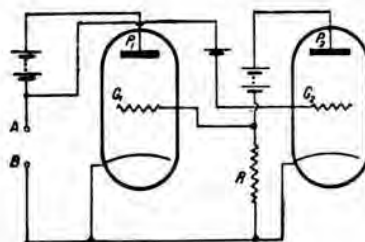


FIGURA 1.

Resistenze differenziali negative statiche possono essere realizzate: o utilizzando il fenomeno dell'emissione secondaria (« dynatron » di A. W. Hull e poliodi ad esso equivalenti), o in base a particolari (e generalmente meno noti) dispositivi, caratteristici tra i quali sono il « biotron » ed il « negatron ».

Di questi due circuiti diamo innanzi tutto una sommaria descrizione.

2) - Il « biotron » (fig. 1) permette di ottenere una resistenza differenziale negativa tra i due morsetti A B di un trasduttore bipolare, purché il circuito di ingresso abbia continuità metallica.

Supponiamo infatti che il potenziale positivo del morsetto A aumenti; dato il modo con cui sono eseguite le connessioni, au-

menteranno in pari tempo i potenziali E_{p1} ed E_{s2} . ΔE_{p1} tenderebbe ed incrementare I_{p1} ; ma ΔE_{s2} , per il tramite del secondo tubo (causando cioè un aumento di corrente attraverso la resistenza R), fa comparire sulla griglia G_1 una carica negativa che non soltanto neutralizza l'effetto di ΔE_{p1} ma genera altresì una diminuzione della corrente I_{p1} . Ad un aumento di voltaggio tra i capi A B corrispondendo una diminuzione di corrente, è quindi tra essi realizzata una resistenza differenziale negativa. Dispositivi analoghi sono stati proposti da Latour, Turner, Blondel; questo circuito (dovuto a Scott-Taggart) è tra essi il più semplice e rappresentativo.

Esso realizza staticamente, mediante un accoppiamento elettro-nico esterno, quel legame tra le componenti alternative delle tensioni di griglia e di placca, che è caratteristico dei circuiti a rea-

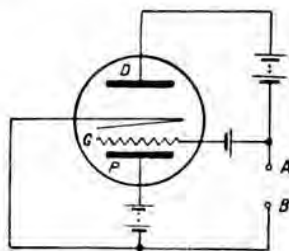


FIGURA 2.

zione, l'inversione di fase di una delle componenti essendo ottenuta, anzichè con un accoppiamento magnetico o capacitivo, utilizzando il segno negativo del coefficiente di amplificazione del secondo tubo.

3) Il « negatron » (ideato dallo stesso Scott-Taggart) si basa invece sul principio della diversione, o deviazione, cioè su quel medesimo principio che, per il tramite della emissione secondaria, è realizzato nel dispositivo dynatron.

Il « negatron » è una particolare valvola, che alimenta con un medesimo filamento un diodo ed un triodo. Supposto che gli elettrodi siano collegati nel modo indicato in fig. 2, accade, aumentando il potenziale positivo del punto A , (e purchè il circuito

di ingresso abbia continuità metallica), che aumenta, insieme con il potenziale di placca del diodo, anche quello di griglia del triodo.

Conseguenza dell'incremento di E_g è la « diversione » di parte del flusso elettronico, che prima si dirigeva sulla placca D , verso la placca P del triodo. Ad un aumento di voltaggio fra i capi $A B$ corrisponde quindi una diminuzione di corrente; risulta perciò realizzata anche con questo dispositivo, (con la limitazione, comune al caso del « biotron », che le griglie non assorbano corrente), una resistenza statica negativa.

Gli inconvenienti, che limitano la applicabilità dei dispositivi sopra menzionati, sono principalmente:

a) per il biotron: che l'instabilità della caratteristica discendente, dovuta alle variazioni della corrente d'accensione dei tubi, è aggravata dalla duplice possibile origine delle dette variazioni; che occorre far ricorso a due distinti tubi; che l'intervallo (di tensione), entro il quale la caratteristica è discendente, è estremamente ristretto, essendo limitato da una parte dal potenziale d'interdizione, dall'altra da quel potenziale al quale le griglie cominciano a convogliare importi di corrente tali da annullare l'effetto negativo; che la resistenza R , e la capacità interelettrodica (e delle connessioni) che è in parallelo con R , formano un gruppo dotato di costante di tempo (*).

b) per il negatron: che occorre far ricorso ad un tubo di speciale costruzione; che l'intervallo di funzionamento è limitato, per le ragioni esposte nel comma precedente.

Infine, nelle caratteristiche di ambedue i dispositivi, il tratto discendente (negativo) risulta non rettilineo.

(*) In base al valore della costante di tempo RC restano definite: la frequenza massima, per la quale può ancora ritenersi che la resistenza negativa dinamica del biotron sia eguale a quella valutabile staticamente, e la frequenza, alla quale il dispositivo cessa di presentare l'effetto negativo (l'azione - positiva - della placca predominando sull'azione - negativa - della griglia).

Accade infatti, allorché la frequenza diviene dell'ordine medesimo di $\frac{1}{RC}$, che la griglia non giunge a scaricarsi, nel corso del semiperiodo negativo, che parzialmente. Aumentando ulteriormente la frequenza, il suo potenziale tende a divenire stabile, e la sua azione differenziale, di conseguenza, nulla.

4) - Fatte queste premesse, passiamo a descrivere due particolari dispositivi, i quali, utilizzando degli ordinari poliodi, realizzano i principi informatori del biotron e del negatron con dei circuiti monovalvolari, e presentano delle particolarità di funzionamento che permettono di ovviare a parte dei già citati inconvenienti.

Un esodo, i cui elettrodi siano esternamente collegati nel modo indicato (fig. 3), è capace di offrire, tra i morsetti *A* e *B*, una resistenza differenziale negativa. Viene infatti realizzato, in base al principio di funzionamento dell'esodo, un circuito biotron, con questo particolare vantaggio, rispetto al montaggio bivalvolare, che,

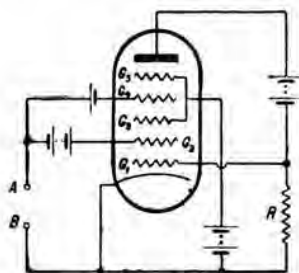


FIGURA 3.

la griglia G_4 avendo un potenziale negativo di interdizione molto elevato, è possibile ottenere una caratteristica discendente per un intervallo di tensione abbastanza ampio. Le griglie 3 - 5, rimanendo libere, possono inoltre essere utilizzate per variare la $\bar{R}$ senza modificare l'assetto del circuito biotron propriamente detto. Dall'esame della caratteristica del trasduttore bipolare *A B*, che abbiamo sperimentalmente rilevata per un tubo 6 A 7 impiegato nelle condizioni specificate in fig. 4, confrontandola con quella (fig. 5) relativa ad un tubo '79, (che riunisce in sè due distinti triodi e realizza quindi il dispositivo nella forma originaria), si desume che l'impiego dell'esodo consente effettivamente di sfruttare utilmente le prerogative del circuito biotron, potendosi ottenere resistenze negative bassissime (dell'ordine delle centinaia di ohm) per intervalli di tensione abbastanza vasti.

Passiamo ora ad esaminare il dispositivo schematizzato in fig. 6. Esso, per essere realizzato, richiede l'uso di un pentodo in cui la 3^a griglia (suppressor grid) sia accessibile, cioè non metal-licamente congiunta con il catodo. (Tubi così fatti sono quelli dei tipi '57, '58, '77, '78, 6 C 6, '59, etc.).

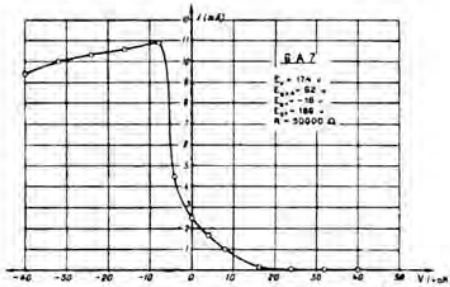


FIGURA 4.

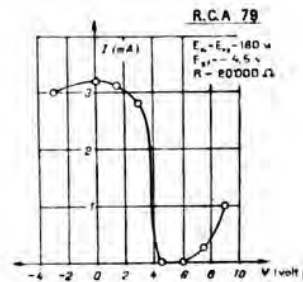


FIGURA 5.

Abbiamo sperimentalmente constatato che, purchè si assegni alla 3^a griglia un potenziale negativo sufficientemente elevato, un pentodo di questo tipo può funzionare come « negatron ». La griglia 2 funge in tal caso da placca del diodo, la griglia 3 da gri-

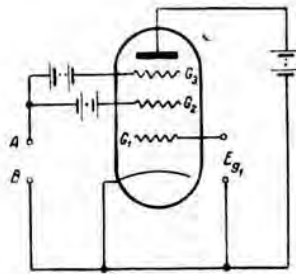


FIGURA 6.

glia del triodo, di cui la placca s'identifica con quella del pentodo. Un catodo virtuale, formantesi fra le griglie 2 e 3, alimenta ambedue questi complessi.

Impiegando, ad esempio, una valvola '78, si possono realizzare resistenze negative variabili con continuità fino a valori dell'ordine di qualche migliaio di ohm, pur operando con tensioni estremamente ridotte (v. fig. 7).

La regolazione può venir compiuta agendo sul potenziale della griglia di controllo; ed il valore della resistenza negativa risulta largamente indipendente dalla frequenza, e quindi, così come per il « dynatron », valutabile staticamente. Il limite superiore delle frequenze ottenibili sembra aggirarsi sui $15 \div 20$ megacicli.

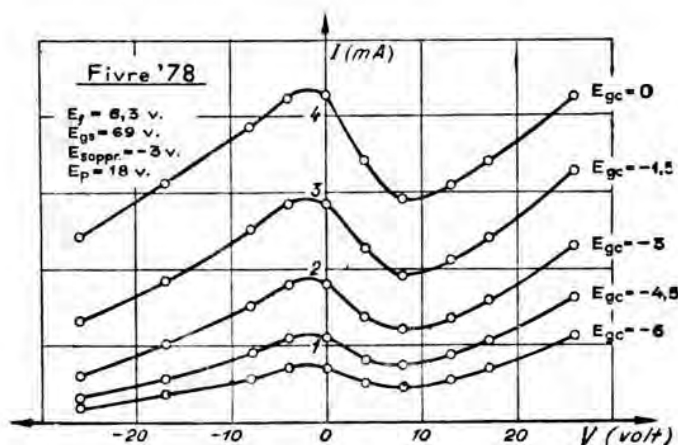


FIGURA 7.

Rispetto al « dynatron », questo circuito presenta il vantaggio di una maggior costanza nel tempo (non vi è infatti emissione secondaria); esso consente inoltre la realizzazione di resistenze negative di minor valore assoluto.

Una recente nota della R. C. A. (vedasi Q. S. T., aprile 1935) illustra un circuito oscillatore bipolare il quale, in sostanza, realizza dinamicamente il dispositivo sopra descritto, mediante un accoppiamento a resistenza-capacità tra il circuito di griglia schermo, che contiene il gruppo oscillante, e quello di soppressione. Tuttavia, poichè ci sembra che il pregio principale del dispositivo consista nella possibilità che esso offre, di realizzare una resistenza

negativa in condizioni sia statiche che dinamiche, in modo, cioè, indipendente dalla frequenza, riteniamo opportuno segnalarlo sotto questa forma, che può essere di considerevole utilità, nel campo delle misure.

ING. G. LATMIRAL

* * *

Cenno bibliografico.

A. W. HULL. - *Proc. I. R. E.*, febbraio 1918.

J. SCOTT-TAGGART. - Thermionic tubes in r. t. and telephony. (1924).

H. IINUMA. - *Proc. I. R. E.*, marzo 1930.

Q. S. T., aprile 1935.

L'ADOZIONE DEL "SISTEMA GIORGI", DA PARTE DELLA COMMISSIONE ELETTROTECNICA INTERNAZIONALE

A distanza di 34 anni dalla prima proposta Giorgi del 1901, la C. E. I. ha ufficialmente adottato il sistema « definitivo » di unità. Che sia occorso un intervallo così grande di tempo, perchè il successo finale venisse a coronare l'iniziativa, è cosa che non può meravigliare, data la vastità del campo interessato e l'antichità delle tradizioni che occorre abbandonare; nè è lecito pensare che la trasformazione decretata dalla C. E. I. sarà tanto presto attuata.

L'« inerzia » dei sistemi di misura è enorme: ne son chiaro esempio i « pollici » ed i « piedi » cari al mondo anglosassone come a molti tecnici l'incomodo « 4π » dei sistemi C. G. S.

Il comunicato, che il prof. Kennelly ha preparato per la stampa tecnica, e che qui riproduciamo testualmente, non può quindi segnare la data della sostituzione del sistema nuovo ai vecchi; tuttavia esso è un documento importante nella storia di questa lenta e fatale evoluzione verso il nuovo assetto delle unità. Ed è particolarmente importante per la famiglia del *Bollettino R. T.*, la quale vede con soddisfazione appoggiata una proposta che essa aveva caldeggiata da tempo, e con vivo cordiale compiacimento il nome del prof. Giorgi, che del *Bollettino* è affezionato collaboratore, legato ad una realizzazione di così fondamentale importanza tecnica e scientifica.

Il testo del comunicato Kennelly è il seguente:

« Fino ad oggi (giugno 1935) la scienza ha impiegato il sistema C. G. S. di unità fisiche. Le unità elettriche sono state stabilite nel quadro di tale sistema secondo gli schemi, elettrostatico ed elettromagnetico, di MAXWELL. In molte pubblicazioni si è anche fatto uso di unità che si discostano in qualche modo dal sistema C. G. S. classico.

» I congressi elettrotecnici internazionali, compresa la C. E. I. hanno adottato, a varie date a partire dal 1881, unità elettriche così dette pratiche: *ohm, volt, ampere, farad, coulomb, henry, joule, watt* e *weber*; esse non formavano un sistema indipendente, ma erano tutte stabilite e definite sulla base delle unità elettromagnetiche C. G. S. mediante fattori numerici (rispettivamente: 10^9 , 10^8 , 10^{-1} , 10^9 , 10^{-1} , 10^9 , 10^7 , 10^7 e 10^8).

» In seguito alle deliberazioni prese dalla C. E. I. nella recente riunione, tutte queste unità pratiche, senza essere punto alterate, vengono a collegarsi in un nuovo sistema, coerente e assoluto, basato sulle proposte che il prof. Giorgi per primo pubblicò

nel 1901. Questo sistema è noto sotto il nome di *Sistema Giorgi* *M. K. S. Ω* . (metro, chilogrammo-massa, secondo ohm). In esso le unità pratiche sopra ricordate risultano elementi costitutivi essenziali, tali da non richiedere fattori di conversione, cosicchè gli studenti non avranno più bisogno di imparare e ricordare i fattori numerici di conversione surricordati.

» Il Sistema Giorgi:

1) è composto essenzialmente di unità già praticamente in uso;

2) evita la necessità di formule di dimensioni complicate con esponenti frazionari;

3) riconosce la necessità di una quarta unità fondamentale, da scegliere fra le unità elettriche pratiche esistenti;

4) lascia indisturbati il sistema C. G. S. e tutti i sistemi usati dai fisici; tutti possono essere esposti in modo semplice mediante le unità del nuovo sistema;

5) permette l'uso di formule "razionalizzate" o "non razionalizzate".

» Per ora la C. E. I. ha sospeso ogni deliberazione sulla questione della "razionalizzazione", lasciando i singoli autori liberi di servirsi delle formule che preferiscono.

» In relazione alla decisione suddetta, circa l'adozione del Sistema Giorgi, furono messe in evidenza, a guisa di esempio, tre unità derivate. Esse sono:

a) l'unità di gradiente elettrico: il *volt* per metro;

b) l'unità di densità di flusso magnetico: il *weber* per metro quadro;

c) l'unità di energia spaziale: il *joule* per metro cubo.

» La riunione della C. E. I. ha deliberato di convalidare la convenzione stabilita ad Oslo nel 1930, che la permeabilità del vuoto μ_0 sia ritenuta, nelle formule magnetiche, una quantità fisica e un numero puro. Questo concetto è parte fondamentale del Sistema Giorgi.

» È stato deciso dalla C. E. I. che il sistema sia chiamato *Sistema Giorgi* ».

U. T.

RECENSIONI.

A partire dal presente fascicolo, il Bollettino R. T. pubblicherà alcune recensioni di carattere riassuntivo. Esse avranno per oggetto quegli articoli delle principali riviste di radiotecnica i cui argomenti saranno giudicati di particolare interesse per gli Ufficiali del Genio.

* * *

G. F. METCALF E J. E. BEGGS **Tubi riceventi interamente in metallo**
(*Electronics* - maggio 1935 - pag. 148-151, con 7 figure).

Rispetto ai tipi Marconi-Catkin, nei quali il bulbo è metallico ed il piedino di cristallo, i nuovi tubi, realizzati da W. C. White presso la R. C. A., rappresentano un ulteriore perfezionamento: in questo tipo è infatti metallico

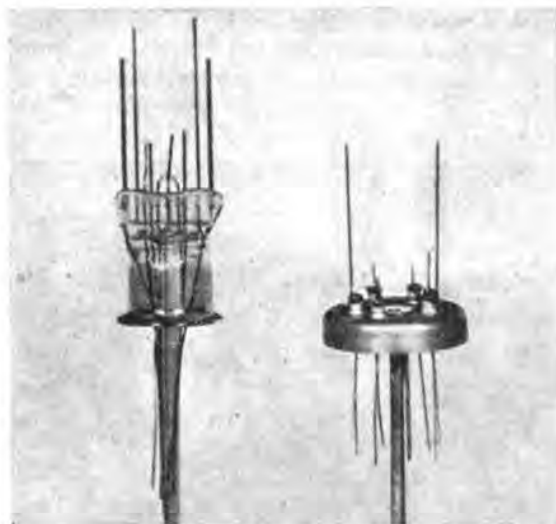


FIGURA 1.

anche il piedino, e di vetro non rimane altro che il quantitativo minimo indispensabile per l'isolamento dei reofori.

La fig. 1, che mostra insieme il vecchio ed il nuovo tipo di piedino, dà un'idea abbastanza chiara del nuovo sistema. Il piedino è costituito da un di-

schetto di acciaio, munito di orlo cilindrico per la saldatura del bulbo, e provvisto di un certo numero di fori destinati ai reofori: inoltre vi è un tubetto, anche esso di acciaio, per la vuotatura.

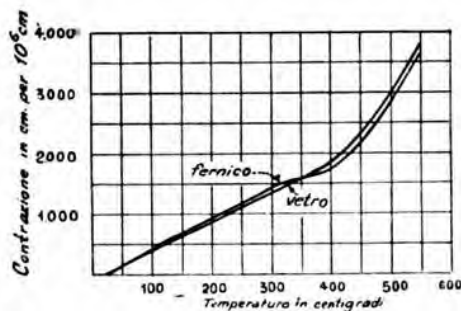


FIGURA 2.

Particolarmente interessante è il dispositivo usato per l'isolamento e la tenuta dei reofori, il quale risolve un vecchio e delicato problema tecnico. Come si vede in figura, a ciascuno dei fori è saldato un corto tubetto ed in questo infilata e saldata una pallina di vetro nella quale è annegato il reo-

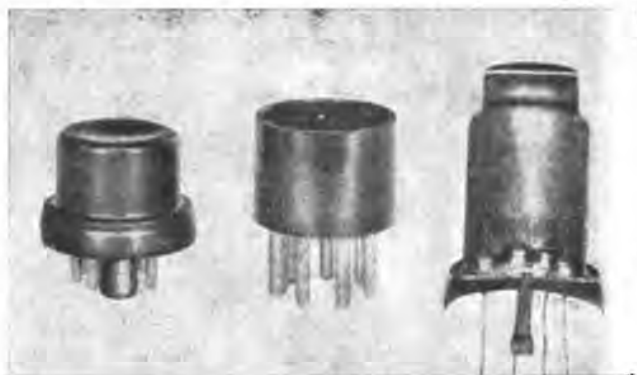


FIGURA 3.

foro. È possibile effettuare questa saldatura, per il fatto che il tubetto è costituito da una lega speciale, detta « ferrico » la quale possiede un coefficiente di dilatazione termica pressochè eguale a quello della pallina di vetro, che è anche essa di qualità specialmente studiata.

Riportiamo in fig. 2 l'interessante grafico che dà la dilatazione termica del « fernico » e del vetro speciale: si vede come il problema di ottenere dilatazioni eguali sia pienamente risolto.

Il gruppo degli elettrodi viene montato in modo analogo a quello usato per i tubi ordinari in vetro, indi il bulbo viene saldato nel modo indicato nella sezione a destra nella fig. 3. La saldatura è eseguita da una saldatrice elettrica che chiude tutto l'orlo con un solo brevissimo colpo, agendo con fortissime intensità di corrente applicate mediante elettrodi cilindrici che esercitano contemporaneamente una elevata pressione meccanica. Dopo eseguita, attraverso l'apposito tubetto, la vuotatura, completata da un energico trattamento termico che è agevolato dalla resistenza del bulbo metallico al calore, si esegue la chiusura mediante un'altro colpo di saldatrice che schiaccia il tubetto, lo salda, e contemporaneamente lo taglia.

I nuovi tubi hanno il pregio di possedere una elevata resistenza meccanica, un volume notevolmente inferiore a quello degli equivalenti tipi in vetro, e una maggiore resistenza ai sovraccarichi; essi realizzano inoltre una schermatura più completa.

Nella fig. 3 si pongono a confronto le dimensioni di un doppio diodo del nuovo tipo e dello zocchetto di un tubo ordinario; quest'ultimo, da solo, risulta più ingombrante.

U. T.

* * *

COSIMO PISTOIA — **Amplificatore di correnti continue con funzionamento a scatto reversibile** (A. F., giugno 1935, IV, 3 - pag. 260-274, con 13 figure).

Un tetrodo a griglia schermante, nel cui circuito anodico sia inserito un carico ohmico, presenta, quando i potenziali degli elettrodi ed il valore della resistenza siano opportunamente scelti, una discontinuità di corrente anodica dovuta alla labilità del sistema nel tratto discendente della caratteristica.

Si consideri, ad esempio, la famiglia di caratteristiche rappresentata in fig. 1 e relativa ad un triodo Philips B. 442.

Si supponga di aver inserito nel circuito anodico di detto tubo una resistenza di $130\,000\ \Omega$ ed una f.e.m. di 190 V . I punti di intersezione della retta r con le curve caratteristiche, tracciate per vari valori del potenziale di griglia, sono punti di possibile funzionamento del sistema e danno il valore della corrente anodica I_a , per ogni particolare tensione di griglia, fermi restando i valori di V_a , di V_s e di R .

Supponiamo ora di assegnare alla griglia polarizzazioni negative decre-

scenti. La r interseca le curve da -12 a -7 in un sol punto, il quale caratterizza una unica possibilità di funzionamento. Quando però la polarizzazione di griglia scende a -6 , la retta r viene ad avere in comune con la caratteristica un punto (doppio) di tangenza, instabile, (A), ed un punto (B) stabile.

Un operatore, che proceda per polarizzazioni negative di griglia decrescenti, nota quindi, in questo istante, una brusca variazione della corrente di placca, dovuta al fatto che il sistema « cade » dalla configurazione instabile a quella stabile di equilibrio.

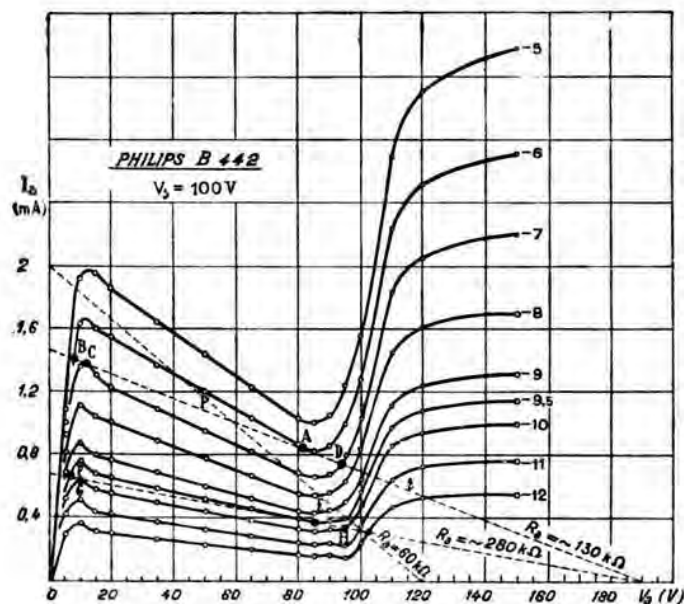


FIGURA 1.

Procedendo nel senso inverso (cioè per polarizzazioni negative di griglia crescenti) si trova ancora, ad un determinato punto, una variazione improvvisa, ma questa avviene, così come appare dalla fig. 1, fra i punti C e D della curva -7 e non più tra i punti A e B della curva -6 . L'« effetto a scatto » non risulta perciò perfettamente reversibile (fig. 2).

Per conseguire una più completa reversibilità dello scatto e per aumentare, in pari tempo, l'ampiezza, conviene operare in modo che la retta caratteristica risulti sensibilmente parallela al tratto discendente e pressochè rettilineo delle curve statiche. Questo fine può venire raggiunto utilizzando regioni di maggiore polarizzazione negativa di griglia (ciò rende altresì trascurabile la diminuzione della emissione secondaria nel tempo) e, corrispondentemente,

resistenze anodiche di maggiore entità. Converrà anche, per aumentare l'ampiezza dello scatto, far ricorso a maggiori potenziali positivi di griglia schermo.

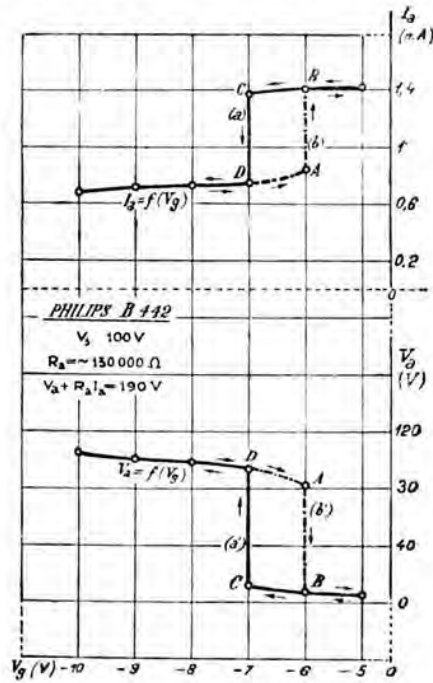


FIGURA 2.

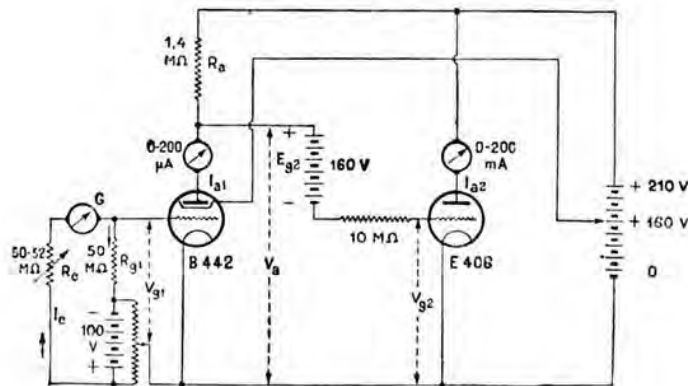


FIGURA 3.

In base ai principi sopra esposti, è possibile costituire dei particolari amplificatori per correnti continue, atti a rivelare « la cessazione di un qualsiasi

stato preesistente e costante, purchè traducibile in una corrente elettrica (od in una tensione) ».

Lo schema di fig. 3 illustra un circuito sperimentale realizzato nel R. Istituto di Livorno, ed atto a mostrare il grande potere amplificatore del dispositivo $\left(\frac{I_{ag}}{I_r} = 5 \cdot 10^6 \right)$

Risultati ottimi sono stati ottenuti con tubi ad accensione indiretta RCA 36.

G. L.

* * *

S. S. KIRBY E E. B. JUDSON — **Recenti studi sulla ionosfera** (*Proc. I. R. E.*, Vol. 23, N. 7 - pagg. 733-751, con 12 figure).

Gli autori espongono ed interpretano i risultati delle esperienze eseguite nel periodo giugno 1933 ÷ novembre 1934 sulle altezze virtuali della ionosfera. Il metodo seguito è stato quello di Breit e Tuve (1) con qualche variante tecnica.

Alla latitudine di Washington si è rilevata la presenza di due regioni permanenti della ionosfera e di una terza che compare durante il giorno e specialmente in estate.

Le prime due sono le regioni E , ad una altezza virtuale di $100 \div 120$ Km sopra la superficie terrestre, ed F_2 ad una altezza virtuale di $230 \div 350$ Km. La terza, F_1 , compare ad altezze virtuali intermedie di $180 \div 240$ Km.

La fig. 1 rappresenta le curve caratteristiche della variazione diurna delle frequenze critiche delle regioni E ed F_2 in primavera.

La regione E presenta le caratteristiche di una rapida ricomposizione ionica e di una densità di ionizzazione funzione semplice della forza ionizzante della radiazione solare, come risulta dalla caratteristica (fig. 1) quasi perfettamente simmetrica rispetto al mezzogiorno.

La rapidità della ricomposizione è confermata dall'accordo dei risultati sperimentali con la curva teorica $f_c'' = f_{c \max} [\cos \psi]^{1/4}$ (fig. 1), accordo che deve essere verificato in base ai risultati del Pedersen (Pedersen - Propagazione delle radio-onde - Cap. V e VI).

Dalle precedenti considerazioni si deduce che la regione E nel periodo diurno è formata prevalentemente da ioni pesanti più che da elettroni.

(1) L. SACCO — *Bollettino R. T. del R. E.* — 1934 n. 6 pag. 213.

Infatti, in base alla $N = \frac{f_e''^2 \pi m}{e^2} \frac{1}{9 \times 10^3}$ (Unità Giorgi)

dove :

N = numero degli ioni per m^3

f_e'' = frequenza critica del raggio ordinario in kHz

m = massa ionica in kilogrammi

e = carica ionica in coulomb

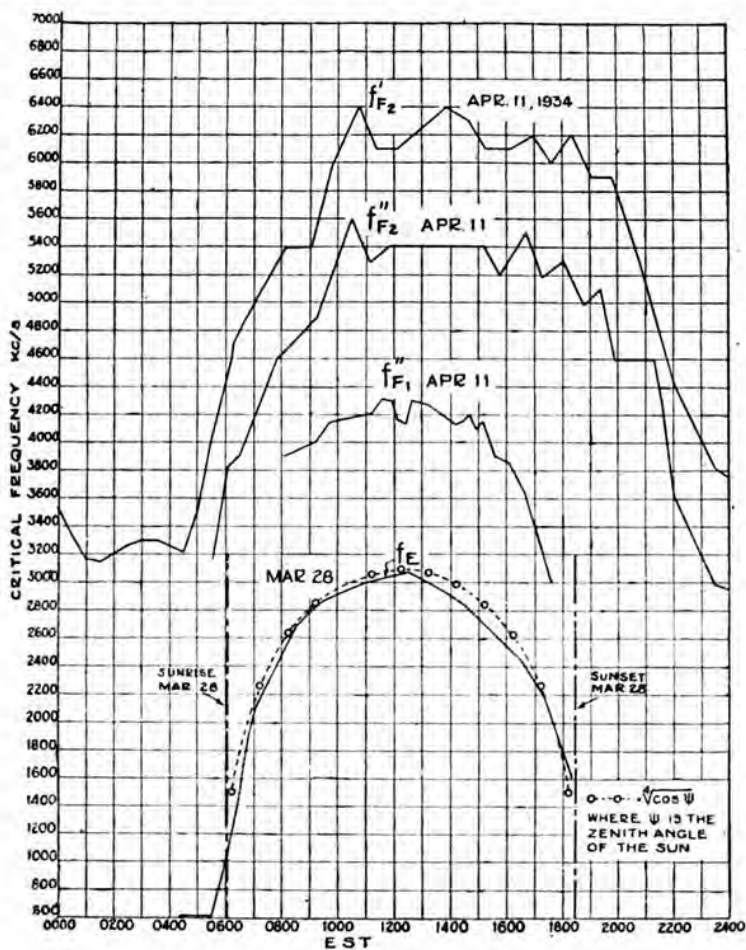


FIGURA 1.

poiché N , come risulta dalla rapidità di ricomposizione ionica, deve essere molto grande e f_e'' assume invece valori piuttosto bassi, bisogna che m sia molto grande; si tratta quindi di ioni pesanti.

La composizione in ioni pesanti della regione E è confermata dal non essere stato verificato, per questa regione, il fenomeno della doppia rifrazione magneto-ionica; il che si giustifica in base alla ipotesi precedente, poichè, per ioni pesanti, la differenza delle frequenze critiche del raggio ordinario e del raggio straordinario è solo di qualche centinaio di Hz e quindi non rilevabile col metodo usato.

La variazione diurna della frequenza critica della regione F_2 è in ritardo (fig. 1) rispetto alla variazione della forza ionizzante solare. Si riscontra inoltre la doppia rifrazione magneto-ionica. Questi risultati indicano una velocità di ricomposizione minore e una composizione elettronica.

Verso il mezzogiorno dei giorni di estate, si è manifestata in generale la scomparsa dei fenomeni di rifrazione per frequenze superiori ai 5000 kHz. La causa di questa scomparsa può risiedere in un assorbimento molto forte, oppure in una densità di ionizzazione molto bassa. Mancano elementi per optare per una delle due cause piuttosto che per l'altra.

Si è riscontrata inoltre l'esistenza saltuaria di una regione E , che compare alla stessa altezza virtuale della regione E normale, ma per frequenze molto maggiori delle frequenze critiche di questa.

Questo fenomeno è molto frequente durante le ore della sera, particolarmente nelle sere di estate, e si ritiene che esso sia dovuto ad una riflessione (invece che ad una rifrazione) su una netta superficie limite della regione E . La regione E saltuaria è semitrasparente e non mette in evidenza frequenze critiche. È da escludersi l'ipotesi che il fenomeno sia dovuto ad una ionizzazione anormale prodotta nella regione E dalle cariche delle nuvole durante i temporali: infatti il fenomeno si è riscontrato più volte in presenza o no di temporali e senza differenziazioni apprezzabili.

Infine, per frequenze superiori a quelle critiche della regione F_2 e per altezze virtuali uguali o maggiori a quelle della F_2 , si è riscontrata l'esistenza di una regione che si è chiamata G . Anche questa regione appare riflettente e priva di frequenze critiche: essa compare specialmente durante le sere di estate.

R. K.

== == ==
== == ==

BIBLIOGRAFIE.

C. RIMINI — **Elementi di Radiotecnica generale** - Zanichelli, Bologna, 1935-XIII.

La letteratura radiotecnica è ricca di libri di carattere generale e divulgativo; è però molto difficile trovarne di quelli che servano bene a scopo didattico e siano nel tempo stesso abbastanza completi, aggiornati e scientificamente precisi. Il volume del Rimini viene quindi a colmare una lacuna, e sarà accolto con largo favore dai molti tecnici che desiderano apprendere i fondamentali r. t. con poca fatica e sufficiente rigore. Particolarmente riuscirà utile ai numerosi insegnanti di scuole medie, che hanno frequentato i corsi all'Istituto M. S. T. e sono chiamati a formare le schiere degli specialisti r. t. destinati alle Forze Armate. Essi troveranno nella trattazione del Rimini criteri di semplicità e chiarezza didattica analoghi a quelli che informano l'attività dell'Istituto M. S. T., del quale egli fu apprezzato frequentatore.

Il libro si apre con dei richiami di elettromagnetismo e di elettrostatica ed è corredato da una appendice di complementi di matematica, ambedue svolti nella giusta misura. Agli elementi di circuiti e alla teoria dei circuiti e delle linee sono dedicati cinque capitoli, nei quali l'ingombro di formule, «passaggi» e prolisse discussioni, che spesso accompagna la trattazione di tali argomenti, è eliminato per lasciare posto ad una chiara esposizione dei concetti fondamentali, fatta con riguardo particolare a quelli che nel seguito riusciranno maggiormente utili. La parte prima è completata da due altri capitoli dedicati ai concetti di resistenza generalizzata ed ai tubi.

La parte seconda si apre con un capitolo che tratta della irradiazione, captazione e propagazione delle onde elettromagnetiche: sarebbe stato forse utile trattare questi argomenti con estensione maggiore, e riportare sia pure sommariamente i criteri tecnici attualmente impiegati per determinare il campo che un trasmettitore può dare ad una certa distanza ed in una certa direzione.

Lo studio degli amplificatori e dei generatori (Cap. X) è fatto con criteri moderni e contiene una impostazione assai chiara dei problemi generali riguardanti le tre classi e gli accoppiamenti intervalvolari.

Il Cap. XI parla della modulazione e della rivelazione e passa in rassegna numerosi metodi e dispositivi: la trattazione è qui impostata in modo particolarmente felice, poichè la visione del meccanismo di funzionamento è realmente «diretta», il che non è agevole ottenere, specie in tema di rivelazione. Il Cap. XII fa cenno dei trasmettitori e dei tipi più comuni di apparati ricevitori.

Il volume termina con una descrizione abbastanza estesa dei principali sistemi direttivi moderni e con un cenno sui radiogoniometri, ambedue corredati da una chiara esposizione dei principi che presiedono al funzionamento.

Nel complesso il libro, malgrado la mole limitata, è riuscito un'ottima base per coloro che desiderano iniziare un esame approfondito dei principali problemi della radiotecnica. L'Autore, come è dichiarato nella prefazione, si è astenuto volontariamente dall'introdurre qualche cenno sulle onde ultracorte, sulle microonde e sulla televisione, poichè ritiene, a ragione, che su tali argomenti la scienza non si sia ancora pronunciata in modo definitivo. Pensiamo però che il pubblico per cui il libro è scritto: ingegneri, tecnici e studenti, avrebbe gradito una breve esposizione di tali argomenti, tanto più che l'Autore avrebbe saputo farla con la chiarezza e precisione che caratterizza tutta l'opera.

Accuratissima e signorile la veste tipografica, per la quale va tributato un elogio all'Editore, che ha del resto confermato pienamente l'ottima fama di cui gode nel campo della stampa tecnica.

U. T.



RIVISTA D'ARTIGLIERIA E GENIO

PERIODICO MILITARE MENSILE ILLUSTRATO

Direzione: Via degli Astalli, N. 15 - Roma (117)

Telefoni: Soc. Tel. Tirrena 84200; militare 2129 - C/o Postale 1/8447

CONDIZIONI DI ABBONAMENTO PER IL 1935-XIII

(LXXIV ANNATA)

Comandi, uffici, circoli, enti militari	L. 28,00
Militari ed assimilati	» 23,00
Non militari, in Italia e Colonie	» 46,00
Estero	» 75,00

Ogni fascicolo separato: in Italia L. 5, all'estero Lit. 12;
doppio L. 7, all'estero Lit. 16.

Per la spedizione all'indirizzo privato, aggiungere L. 1 per ogni
fascicolo separato o L. 5 per tutta l'annata.

Mi. uff. 11-12

ISPETTORATO DEL GENIO

DIREZIONE SUPERIORE DEL SERVIZIO STUDI ED ESPERIENZE DEL GENIO

Bollettino radiotelegrafico del R. Esercito

SOMMARIO



- Nota di Redazione.
- G. MADIA — Televisione.
- D. GILBERTI — Trasmettitori e ricevitori a polioidi per onde dell'ordine del metro.
- Recensioni.
- Cronaca tecnica. - L'Esposizione Internazionale ed Universale di Bruxelles (D. G.).



Condizioni per l'anno 1936

Nel Regno d'Italia e Colonie		
Abbonamento	.	L. 12
Un numero separato	.	> 3
Abbonamento ridotto per ufficiali e assimilati	.	> 8

Nei paesi dell'Unione postale		
Abbonamento	.	Franchi oro 10
Un numero separato	.	> 2

Inviare l'importo a mezzo vaglia alla DIREZIONE DELL'ISTITUTO MILITARE SUPERIORE DELLE TRASMISSIONI - Viale Mazzini, 8 - ROMA (149).

:: La direzione del **Bollettino** non risponde delle opinioni
espresse dagli autori che abbiano firmato o contrassegnato
i loro scritti. :: :: :: :: :: :: :: ::

:: I manoscritti non si restituiscono. :: :: :: ::

:: Gli articoli pubblicati vengono retribuiti. Ogni autore
ha inoltre diritto a **25** copie gratuite di estratti, se trattisi
di articoli inediti, e a **10** negli altri casi; volendone mag-
giore quantitativo, l'Autore dovrà comunicarlo tempestiva-
mente, e le copie in più saranno conteggiate al costo di
stampa. :: :: :: :: :: :: :: ::

NOTA DI REDAZIONE



Il nuovo titolo del "Bollettino",.

Il rinnovamento profondo che, attraverso i quattordici anni di vita del "Bollettino", si è operato nei servizi tecnici militari, e che le esigenze del periodo attuale hanno rapidamente accelerato, ci pone, all'inizio del 15° anno di vita della nostra Rivista, di fronte ad una situazione diversa da quella in cui essa nacque, ed a compiti nuovi.

Col perfezionarsi dei mezzi di trasmissione a filo, della fototelegrafia, della tecnica dell'ascolto e dell'elettroacustica, la scienza delle trasmissioni militari si è venuta estendendo assai oltre i limiti che sembravano chiuderla dieci anni fa. Occorre perciò estendere anche il campo in cui il Bollettino vive, togliendo ad esso il carattere di rigida specializzazione conservato finora. L'Ispettorato dell'Arma del Genio ha deciso di cambiare quindi il titolo, onde armonizzarlo con le denominazioni nuove assunte dagli Enti che lo alimentano: L'Istituto Militare Superiore delle Trasmissioni e l'Officina Militare delle Trasmissioni.

Il nuovo nome: "Bollettino Tecnico dell'Istituto Militare Superiore delle Trasmissioni", costituisce, secondo il pensiero delle Superiori Autorità, una estensione dell'attività a tutto il campo delle trasmissioni. Ma noi vorremmo che esso venisse interpretato anche come un invito cordiale, rivolto ai colleghi che si occupano di trasmissioni non radioelettriche, a collaborare volenterosamente affinché alla estensione del titolo faccia presto seguito l'estensione della materia.

Questo invito, in un periodo di attività febbrile come il presente, che ben poco tempo lascia per lo studio raccolto, può sembrare a prima vista fuori posto. Ma tale impressione si rivela ingiustificata, quando si rifletta sullo scopo vero del nostro "Bollettino", che non è quello di fare inutili esibizioni di dottrina, ma di comunicare ai colleghi i risultati della esperienza che ciascuno fa nello assolvere i propri compiti tecnici. Intesa in tal senso, come del resto è stato già ampiamente chiarito in recenti circolari del Ministero della Guerra, la collaborazione diviene un preciso dovere per gli specialisti appartenenti al Servizio Studi, i quali farebbero cosa egoistica ed anche dannosa, se trattenessero interamente per sé il frutto della loro quotidiana esperienza tecnica.

Con questo invito, e con la speranza di vederlo accolto, il "Bollettino", apre il suo nuovo periodo di attività.





ISPETTORATO DEL GENIO
DIREZIONE SUPERIORE DEL SERVIZIO STUDI ED ESPERIENZE DEL GENIO

Bollettino radiotelegrafico del R. Esercito

Diretto dal Gen. L. SACCO



TELEVISIONE

SOMMARIO. — *Si espongono in riassunto ed in forma piana i principi generali che regolano il funzionamento degli apparecchi per televisione. È fatto un cenno dei dispositivi meccanici, ed una esposizione più completa e particolareggiata per quanto riguarda gli apparecchi basati sull'impiego dei tubi a raggi catodici.*

1. - Generalità. — Tutti sanno, almeno nelle sue linee essenziali in che consiste il « radiovedere », ma non molti si rendono conto della complessità dei problemi che si presentano quando si voglia fare, e non soltanto nell'ambito delle esperienze di laboratorio, della buona televisione.

Non basta infatti aver risolto come si è fatto, e in maniera veramente brillante, il problema della riproduzione istantanea a distanza di un'immagine qualsiasi di oggetti in moto, ma occorre anche che quest'immagine riprodotta abbia tutti i requisiti di fedeltà, di luminosità, di chiarezza, che permettono di soddisfare l'occhio esigentissimo dello spettatore moderno. E accanto a questi problemi di ordine essenzialmente tecnico s'impongono quelli di carattere economico, la cui soluzione soltanto, soluzione che pur sempre la tecnica è chiamata a trovare, può permettere di fare della televisione su larga scala.

Prima di considerare in dettaglio tali problemi riassumeremo brevemente il principio fondamentale della visione a distanza e gli apparecchi attualmente usati che permettono di realizzarlo.

Il meccanismo della televisione è assai simile a quello della visione diretta. In questa, la percezione visiva risulta dallo stimolo che ogni elemento della retina riceve dalla luce che la colpisce e che viene trasmesso al cervello per mezzo degli organi nervosi. La visione risulta in conseguenza dall'insieme delle sensazioni dovute, non ad ogni punto geometrico di dimensioni infinitesime, ma ai differenti elementi finiti di cui le dimensioni caratterizzano appunto il « potere separatore » della retina ovvero il grado di precisione dei dettagli coi quali si può « vedere » un oggetto. Anche nella televisione, qualunque sia il sistema

adottato, si applica il medesimo principio di scomposizione del soggetto in particelle elementari, la luce di ognuna delle quali è trasformata in impulsi elettrici per mezzo di un organo foto-sensibile. Questi impulsi, che si propagano sia per via radioelettrica che per cavo, arrivano ad un apparecchio ricevente dove, ritrasformati in impulsi luminosi, riproducono l'immagine dell'oggetto.

Il meccanismo della televisione differisce però da quello della visione diretta pel modo con cui gl'impulsi vengono inviati all'apparecchio ricevente. Nell'occhio infatti a ogni elemento sensibile della rétina corrisponde una ramificazione del nervo ottico e, quindi, gl'impulsi ricevuti dai diversi elementi sono inviati simultaneamente al cervello, che rappresenta l'apparecchio ricevente. Nei primi tentativi di televisione si era cercato d'imitare questa simultaneità d'invii, costruendo un mosaico di cellule fotoelettriche collegato, per mezzo di tanti fili quante erano le cellule elementari, con un corrispondente mosaico di relais luminosi disposti su uno schermo ricevente. Le immagini ottenute riproducevano però assai grossolanamente il soggetto. Per ottenere infatti immagini nitide con sufficienti dettagli occorrerebbero parecchie decine di migliaia di cellule elementari e di corrispondenti collegamenti elettrici o radio-elettrici; ciò che porta, per ovvii motivi pratici ed economici, all'impossibilità di realizzare su larga scala le trasmissioni televisive.

La tecnica della televisione si basa perciò oggi sull'utilizzazione del fenomeno di persistenza delle immagini sulla retina, fenomeno che permette di sostituire, alla simultaneità d'invio degl'impulsi provenienti dai diversi elementi del soggetto, una successione ordinata e abbastanza rapida d'invii, tale che l'occhio dello spettatore, posto innanzi allo schermo dell'apparecchio ricevente, abbia l'illusione della simultaneità. Questo sistema è il solo che sia stato considerato come suscettibile di applicazioni pratiche e che abbia permesso lo sviluppo della televisione.

2. - Sistemi di televisione. — I sistemi di televisione impiegati attualmente sono numerosi. Fondamentalmente, in ogni sistema è necessario che l'apparecchio trasmittente possieda un organo di scomposizione o di analisi e che l'apparecchio ricevente possieda un organo di ricostruzione in modo che il soggetto da trasmettere sia suddiviso in una successione ordinata di elementi che, riprodotta alla ricezione, dia luogo alla ricostruzione fedele dell'immagine. A seconda che la scomposizione e la ricostruzione ottica del soggetto avvengono mediante movimento di organi meccanici o di raggi elettronici si distinguono sistemi di televisione ad "analisi (e sintesi) meccanica", e ad "analisi (e sintesi) elettronica",.

a) *Sistemi ad analisi meccanica.* Gli analizzatori meccanici sono i più antichi e, sebbene siano stati sostituiti in alcuni moderni sistemi da analizzatori basati sull'uso di tubi catodici, ancora oggi sono largamente usati, specie negli apparecchi emittenti, ed offrono rispetto agli altri alcuni sensibili vantaggi. Negli apparecchi riceventi essi sono stati invece ormai quasi completamente sostituiti dai tubi catodici di uso assai più semplice e di molto mi-

nore ingombro. Senza soffermarsi sui sistemi meccanici già caduti in disuso, è bene ricordare i più importanti come quelli a disco di Nipkow, a ruote di specchi e a spirali di specchi, che si utilizzano oggi anche nei più moderni impianti.

Nei primi, un disco di forma circolare, fatto di materiale molto resistente ma leggero, porta sulla sua periferia una serie di fori equidistanti disposti secondo una spirale di cui il passo è determinato in rapporto alle dimensioni longitudinali del soggetto da esplorare (fig. 1). Il disco, comandato da un motore sincrono, ruota in un piano verticale a una velocità praticamente uniforme. L'analisi del soggetto può avvenire in due modi: indirettamente e direttamente (o a punto mobile: « flying spot »). Il primo sistema è adottato quando si tratta di trasmettere dei soggetti che si trovano in locali oscuri o debolmente illuminati. In questo caso, la sorgente luminosa è costituita da una lampada ad arco potente, la cui luce, limitata da una finestra di dimensioni opportune è inviata sul disco

di Nipkow. Il soggetto, che si trova dalla parte opposta di questo, viene colpito così in permanenza da un pennello luminoso che « l'analizza » completamente secondo una successione di linee orizzontali adiacenti; procedendo cioè come l'occhio, che legge lettera per lettera e linea per linea. Un giro completo del disco corrisponde a un'esplorazione completa del soggetto. Le distanze dei fori e la larghezza della finestra sono tali

che in ogni istante uno e un solo foro è traversato da un pennello di luce. In questo sistema, per evitare che il disco fonda sotto l'azione riscaldatrice del fascio luminoso intenso della lampada ad arco, lo si fa ruotare in una scatola metallica munita di aperture che permettono di stabilire, per forza centrifuga, delle correnti d'aria refrigeranti.

Nel sistema ad analisi diretta o a punto mobile, che è impiegato soprattutto per la trasmissione di scene all'aperto o per la trasmissione di pellicole cinematografiche, l'immagine del soggetto è invece proiettata per mezzo di lenti sulla superficie del disco perforato. L'immagine dei fori successivi in movimento, più o meno luminosa secondo gli elementi d'immagine cui essa corrisponde in ogni momento, è concentrata da un obbiettivo su una cellula fotoelettrica. In questo caso, non essendovi più bisogno di raffreddamento, la scatola entro cui ruota il disco è sprovvista di circolazione d'aria e in generale anzi vi si pratica il vuoto per poter aumentare la velocità di rotazione del disco senza pericolo che questo subisca inflessioni dovute alla resistenza dell'aria (fig. 2).

Nel caso in cui si vogliano trasmettere film, i fori del disco possono esser disposti secondo una circonferenza, lo spostamento verticale essendo allora prodotto dall'avanzamento continuo della pellicola. Se però la pellicola si muove con

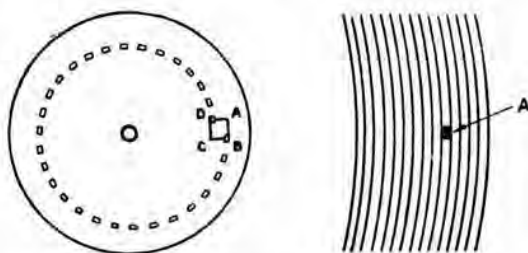


FIGURA 1.

moto intermittente, avanzando di un fotogramma ad ogni giro del disco, la perforazione dev'essere invece in spirale come per la trasmissione diretta di soggetti animati.

Si dà generalmente ai fori una forma esagonale, che è considerata come la più adatta a ridurre al minimo gl'inconvenienti derivanti dall'irregolarità inevitabile della perforazione.

Negli apparecchi riceventi l'immagine è ricostruita mediante un disco esattamente simile a quello dell'apparecchio trasmittente e ruotante con la stessa velocità. Dietro ad esso è posta una lampada a luminescenza (a neon o a sodio in generale), di costruzione speciale a larga superficie luminescente, che viene modulata dalle correnti fotoelettriche in arrivo (fig. 3).

Per ragioni evidenti, la luminosità delle immagini ricevute è molto debole e diminuisce coll'aumentare del numero di fori del disco. 90 fori con una lampada

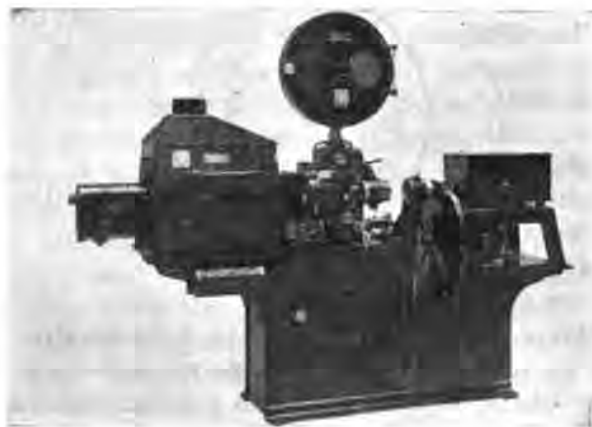


FIGURA 2.



FIGURA 3.

al sodio corrispondono al massimo dettaglio che si possa ottenere con questo sistema. Generalmente, l'immagine viene ingrandita per mezzo di un sistema ottico disposto a questo scopo innanzi al disco.

Come si è detto, questo tipo di ricevitore è però caduto in disuso e i soli ricevitori a disco impiegati qualche volta sono quelli di costruzione speciale come quello per es. a lenti del sistema Peck-Television nel quale al posto dei fori vi sono 20 lenti di vetro fuso di cui la superficie posteriore è resa speculare. Esso viene usato anche negli apparecchi emittenti per l'esplorazione di pellicole cinematografiche.

Anche nel sistema cosiddetto a « film intermediario », il dispositivo analizzatore del posto trasmittente è a disco di Nipkow. Il procedimento consiste nel registrare la scena su una pellicola appositamente preparata con uno strato di gelatina molto sottile che, dopo esser stata rapidamente sviluppata, passa diret-

tamente nell'analizzatore per esser analizzata e trasmessa. Tutto il processo di registrazione su pellicola e di trasmissione è molto rapido e il ritardo fra un avvenimento e la sua ricezione televisiva può esser ridotto attualmente a 30 secondi. Recentemente è stato anche introdotto un nuovo tipo di pellicola a nastro senza fine, sulla quale il ciclo complessivo di impressione, sviluppo, fissaggio, analisi e infine rinnovamento della pellicola può esser ripetuto senza interruzione. Questo sistema del film intermediario è stato anche applicato negli apparecchi riceventi: le correnti fotoelettriche in arrivo vanno ad una cellula di Kerr che funziona da relais luminoso e, trasformate in variazioni di luce, vanno ad impressionare, con l'intermediario di un disco di Nipkow per la ricostruzione dell'immagine, una pellicola fotografica. Questa, rapidamente sviluppata, passa in un proiettore cinematografico che la proietta ingrandita sullo schermo. L'accompagnamento sonoro vien fatto coi metodi ordinari registrando la colonna sonora accanto al fotogramma.

Il sistema a film intermediario è applicato con successo nelle stazioni emittenti; esso è attualmente adottato dalla Fernseh in Germania (stazione di Berlino e stazione automontata sul Brocken) e dalla Baird in Inghilterra (stazione di Londra del Crystal Palace), ed è preferibile a quello diretto con analisi meccanica, per la possibilità che esso offre di poter trasmettere, senza andare incontro a difficoltà di luminosità, scene all'aperto in qualsiasi condizione d'illuminazione. Nelle stazioni riceventi esso implica invece impianti molto costosi e può esser conveniente solo in casi speciali.

Un altro tipo di sistema ad analisi meccanica è quello in cui l'analizzatore è costituito da una ruota o tamburo sulla cui periferia sono fissati l'uno accanto all'altro, e in modo da formare sempre fra loro un piccolo angolo costante nel senso dell'asse della ruota, degli specchietti di eguali dimensioni (ruota o tamburo di *Weiller*). Un fascio di luce, la cui sezione corrisponde alla superficie elementare da esplorare, è inviato sugli specchi in una direzione fissa (figg. 4 e 5). L'esplorazione orizzontale è effettuata grazie alla variazione dell'angolo d'incidenza del fascio luminoso su ogni specchio, causata dalla rotazione del tamburo; l'esplorazione verticale grazie a quella causata dall'inclinazione costante fra due specchi successivi. Il numero delle linee di analisi corrisponde al numero degli specchi del tamburo. Questo analizzatore presenta rispetto a quelli a disco il vantaggio di un maggiore rendimento luminoso, dato che è possibile concentrare in un pennello luminoso stretto tutto il flusso luminoso proveniente dalla sorgente, che può essere quindi anche una semplice lampada a

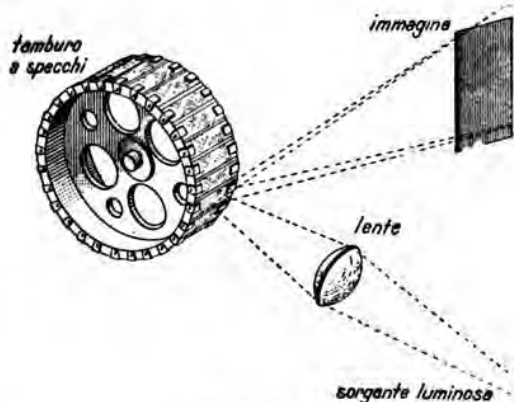


FIGURA 4.

incandescenza. Tuttavia, la costruzione e l'impiego di questo dispositivo presentano numerose difficoltà. L'apparecchio emittente della stazione Baird, montata alla B. B. C. di Londra e fino a qualche tempo fa in funzione, utilizzava un tamburo così fatto di 30 specchi che ruotava alla velocità di $12 \frac{1}{2}$ giri al secondo. Una finezza di analisi più grande può essere ottenuta aumentando il numero di specchi e la velocità di rotazione del tamburo.



FIGURA 5.

Negli apparecchi riceventi il dispositivo di sintesi è simile a quello analizzatore degli apparecchi emittenti. La sorgente luminosa, la cui intensità è modulata dalle correnti fotoelettriche in arrivo, può essere una lampada incandescente puntiforme o una lampada incandescente normale con relais luminoso a cellula di Kerr. La sua immagine, riflessa dagli specchi, è proiettata su uno

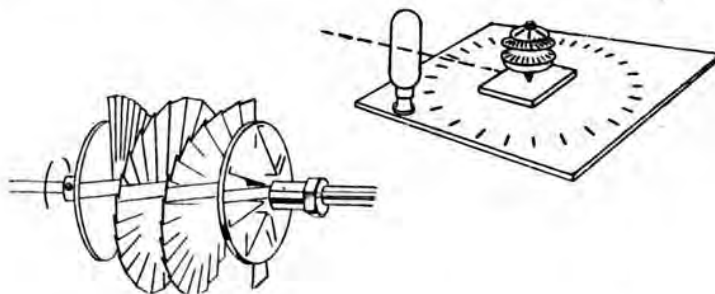


FIGURA 6.

schermo di vetro smerigliato le cui dimensioni, proporzionate all'intensità della sorgente luminosa, possono essere anche abbastanza grandi.

Infine, tra i sistemi ad analisi meccanica ancora oggi usati con successo soprattutto in ricezione, è da ricordare quello della spirale di specchi utilizzato dalla Casa Tekade di Norimberga. Il dispositivo per l'analisi dell'immagine in trasmissione o per la sintesi di essa in ricezione, è costituito da una « spirale di specchi », cioè da una serie di specchietti rettangolari fissati uno sull'altro

secondo un'elicoide (fig. 6). La spirale, comandata da un motore sincrono, ruota attorno al suo asse in modo che il fascio di luce incidente, riflesso successivamente da ogni striscia speculare, analizza il soggetto secondo linee orizzontali, di guisa che ad ogni specchio corrisponde una linea. In ricezione, la luce modulata dalle correnti fotoelettriche è quella di una lampada a luminescenza di forma tubolare. L'apparecchio è caratterizzato dall'assenza di qualsiasi schermo di proiezione perchè l'immagine si vede a occhio nudo, guardando la spirale che, durante la sua rotazione rapida, appare come uno schermo rettangolare, la cui dimensione trasversale corrisponde alla lunghezza degli specchietti e quella longitudinale è determinata dalla lunghezza della lampada luminescente tubolare.

Il rendimento luminoso in questo sistema è superiore a quello dei sistemi a disco, ma evidentemente inferiore a quello dei sistemi a ruota di specchi.

Sembra che la Tekade abbia in questi ultimi tempi perfezionato la sua ruota di specchi in modo da poterla usare anche per l'esplorazione a righe alternate di cui sarà spiegato in seguito il principio.

3. - Sistemi ad analisi elettronica. — Gli apparecchi ad analisi elettronica sono caratterizzati dal fatto che ogni movimento di masse meccaniche viene ad essere eliminato. Essi si basano sull'uso dei tubi a raggi catodici a vuoto

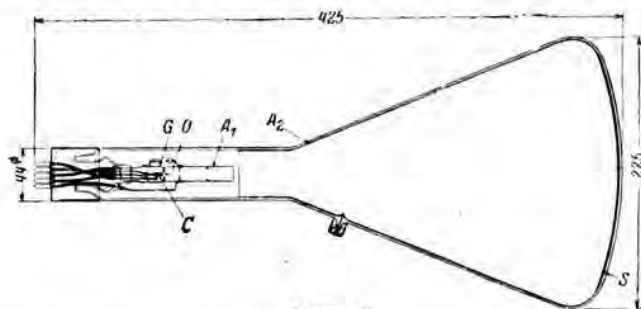


FIGURA 7.

Tubo ricevente per televisione. - C catodo; G cilindro di Wehnelt; O forellino anodico; A₁ primo anodo; A₂ deposito metallico sul vetro, costituente il secondo anodo; S schermo fluorescente.

generalmente molto spinto. La prima applicazione di tali tubi in televisione è stata fatta negli apparecchi ricevitori, i quali come si è detto sono ormai quasi tutti di questo tipo. Il fascio elettronico vien deviato, mediante campi magnetici o elettrostatici variabili, in modo tale che esso esplora tutta la superficie dello schermo fluorescente secondo una successione ordinata di linee parallele. Il fascio catodico vien modulato dalle correnti fotoelettriche in arrivo e, per effetto di questa modulazione, viene riprodotta sullo schermo fluorescente l'immagine trasmessa. La modulazione può avvenire in due modi, dei quali il più usato è quello per variazione d'intensità. Esso consiste nel far variare il potenziale dell'elettrodo concentratore cilindrico (fig. 7) in guisa da concentrare più o meno il fascio catodico, il quale passa così più o meno integralmente attraverso il foro circolare praticato nell'anodo acceleratore (fig. 7). Il secondo

metodo, suggerito da Thun, che è stato realizzato recentemente in Germania da Von Ardenne e in America da Bedford e Puckle (1) è quello della modulazione di velocità. Le correnti fotoelettriche in arrivo fanno variare la velocità di spostamento del fascio catodico di cui l'intensità resta sempre costante. Poichè per la legge di Talbot in ciascun punto dell'immagine riprodotta la luminosità è inversamente proporzionale alla velocità di spostamento del raggio catodico che eccita lo schermo fluorescente, si possono riprodurre secondo il metodo di Thun, le intensità luminose dei singoli elementi dell'immagine trasmessa lasciando inalterato il valore delle loro coordinate. I vantaggi di questo metodo stanno in una costruzione semplificata del ricevitore e nella possibilità di aumentare considerevolmente la *definizione* dell'immagine vale a dire il contrasto di luminosità fra punto e punto. Tuttavia questo sistema conduce ad alcune notevoli difficoltà per il mantenimento del sincronismo e per quanto i risultati ottenuti diano a sperare che esse possano esser risolte, pure il sistema sembra appartenere ancora al dominio sperimentale.

Per gli apparecchi emittenti l'introduzione del tubo catodico è avvenuta più tardi. La prima utilizzazione è stata fatta per la trasmissione di pellicole cinematografiche. Il principio di funzionamento è il seguente: il fascio catodico, mosso da campi elettrostatici o elettromagnetici, di cui le variazioni sono opportunamente regolate, determina una macchia luminosa sullo schermo fluorescente che, come nei tubi dei ricevitori, è posto sulla base del tubo. L'immagine di questa macchia vien proiettata sul fotogramma e, modulata da questo, vien concentrata sulla cellula fotoelettrica. Se il trasporto della pellicola avviene in maniera continua, basta che il fascio catodico sia dotato di movimento solo nel senso orizzontale; se avviene con moto intermittente, il fascio deve subire spostamenti secondo le due coordinate per poter esplorare tutto il fotogramma nel suo periodo di arresto, fra uno scatto e l'altro.

Ma una vera rivoluzione nel campo della tecnica televisiva è stata l'introduzione dell'*iconoscopia* di Zworykin e del *dissettore delle immagini* di Farnsworth.

L'iconoscopia è un tubo catodico speciale ad alto vuoto di cui la figura 8 mostra lo schema elettrico.

L'organo fotosensibile è rappresentato dal « mosaico elettronico », di cui ogni elemento costituisce una cellula fotoelettrica minuscola. I catodi di queste cellule elementari sono applicati su un sottilissimo strato di mica che serve ad isolarli fra loro e dall'anodo comune costituito da un sottile strato metallico, « piastra delle immagini », depositato sulla faccia opposta della mica. Ogni elemento del mosaico possiede quindi rispetto alla piastra una capacità, determinata dallo spessore e dalla costante dielettrica dell'isolante. Il mosaico si trova nell'interno di un tubo sferico ad alto vuoto e di fronte al mosaico, in una strozzatura del tubo inclinata a 30° rispetto a una normale alla piastra,

(1) A. V. BEDFORD, R. D. KELL, M. A. TRAINER. Experimental Television System - *Proc. Inst. Rad. Eng.* 22, 1246, 1934.

si trova il «cannone elettronico» in cui vien generato il fascio catodico destinato ad analizzare l'immagine da trasmettere. La posizione inclinata del cannone ha per scopo di permettere la proiezione luminosa dell'immagine da trasmettere sul mosaico elettronico. La superficie interna del collo e di una parte del bulbo sferico è metallizzata e costituisce un secondo anodo, collettore dei fotoelettroni provenienti dal mosaico. La tensione di questo secondo anodo è di circa 1000 volt, mentre quella del primo è soltanto una frazione di questa.

Il fascio catodico, emesso dal catodo incandescente, attraversa l'apertura del cilindro *G*, la cui tensione positiva ne regola l'intensità, ed attraversa l'anodo cilindrico *A* contenente tre diaframmi forati nel centro e accuratamente allineati. Dimensionando convenientemente gli elettrodi e le tensioni applicate ai diversi elementi del cannone, si dà agli elettroni un'accelerazione radiale centripeta avente per scopo di neutralizzare la repulsione mutua degli elettroni. Il dispositivo agisce sul fascio catodico come una lente convergente agisce su

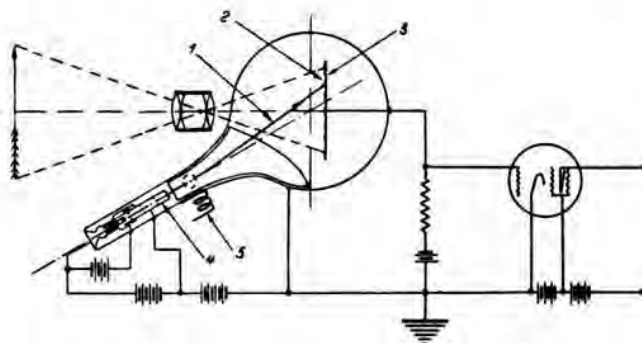


FIGURA 8.

un fascio luminoso. Le dimensioni del fascio catodico dipendono dal diametro del catodo, dal diametro dei fori dei diaframmi e dalle distanze fra i diversi elementi del cannone e fra questo e il mosaico. Poichè tale fascio viene utilizzato per analizzare l'immagine proiettata sul mosaico, le sue dimensioni devono essere evidentemente in rapporto col grado di precisione richiesto per la riproduzione dell'immagine.

La luce proveniente dall'immagine da trasmettere va a colpire il mosaico fotoelettrico di cui ogni cellula elementare emette fotoelettroni proporzionalmente alla luce ricevuta, caricandosi positivamente. Il fascio catodico, che si muove sotto l'azione di un campo magnetico, esplora la superficie fotosensibile scaricando successivamente i condensatori elementari che la costituiscono e riportandoli tutti approssimativamente al medesimo potenziale. Le correnti di scarica, proporzionali alle cariche acquistate dai fotoelementi sotto l'azione della luce e, quindi, proporzionali alle intensità luminose dei punti corrispondenti, si traducono nel circuito esterno dell'iconoscopia in impulsi elettrici che, amplificati, vanno a modulare il fascio catodico dell'apparecchio ricevente.

Le bobine di campo per la deviazione del fascio catodico sono montate su

un circuito magnetico disposto attorno alla parte tubolare dell'iconoscopio (nella fig. 9 staccato e disposto a fianco).

La sensibilità spettrale del mosaico fotoelettrico è riportata nella fig. 10. La brusca diminuzione in corrispondenza dei $3000 \text{ \AA}$ è dovuta all'assorbimento della parete di vetro del tubo; il valore effettivo della sensibilità del mosaico



FIGURA 9.

è indicato con linea tratteggiata. L'iconoscopio permette dunque non solo la trasmissione di scene illuminate da luce visibile, ma anche illuminate da radiazioni invisibili infra-rosse ed ultra-violette. Il tubo ha una lunghezza di circa 45 cm, e nella parte sferica, un diametro di 20 cm. L'amplificatore principale e

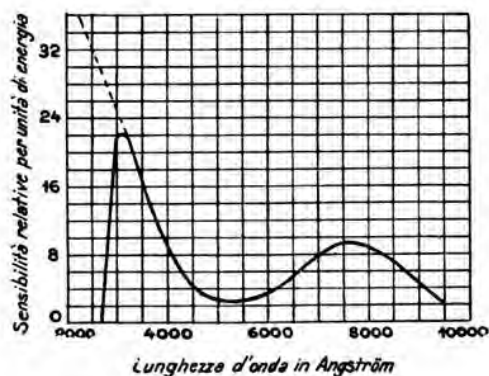


FIGURA 10.

quelli di sincronizzazione sono esterni. L'intero iconoscopio è un apparecchio trasportabile che può esser facilmente spostato anche durante la trasmissione per la ripresa degli oggetti più interessanti.

L'apparecchio ricevente o « chine-scopio » non è che un ordinario tubo a raggi catodici in cui è montato un « cannone elettronico » del tutto simile a quello dell'iconoscopio. Anche qui la superficie interna del tubo è argentata e costituisce il 2° anodo al quale però è applicata una tensione molto

superiore a quella dell'iconoscopio e che raggiunge circa i 4500 volt. Il campo elettrostatico fra il secondo anodo e l'estremità del cannone, concentra gli elettroni in un fascio molto stretto. Al cilindro di controllo vengono applicate le tensioni costituenti il segnale in arrivo, che modulano così l'intensità del fascio catodico e quindi la luminosità della macchia fluorescente sullo schermo depositato sulla parete di fondo del tubo. Perchè la riproduzione dell'immagine trasmessa sia esente da distorsioni, occorre che la modulazione d'intensità del fascio catodico sia una funzione lineare della differenza di potenziale applicata al cilindro di controllo. D'altra parte questa modulazione dev'essere effettuata

senza che essa modifichi la velocità degli elettroni, poichè, essendo lo spostamento del fascio inversamente proporzionale alla velocità degli elettroni, la posizione della macchia fluorescente dipenderebbe dalla sua intensità. Nel chinoscopio di Zworykin queste condizioni di linearità e di costanza di velocità degli elettroni sono state realizzate in modo quasi perfetto e si ottiene la riproduzione fedele anche delle mezze tinte.

Sia nell'iconoscopio che nel chinoscopio l'esplorazione dell'immagine avviene per linee orizzontali equidistanti cominciando dalla sinistra in alto. Quando il fascio ha esplorato l'ultima linea in basso esso ritorna rapidamente in alto nella sua posizione di partenza. Per dare al fascio questi due spostamenti necessari si creano due campi magnetici variabili perpendicolari fra loro. Uno, orientato orizzontalmente, serve a produrre gli spostamenti verticali ed oscilla con una frequenza eguale al numero di immagini per secondo; l'altro, orientato verticalmente, serve a produrre gli spostamenti orizzontali ed oscilla con una frequenza data dal prodotto del numero delle linee per il numero delle immagini per secondo. La forma delle correnti che percorrono le bobine deviatrici è a « denti di sega » (fig. 11). Ogni periodo è composto di due parti: la prima, lineare in funzione del tempo, si prolunga per quasi tutto il periodo dell'esplorazione; la seconda, detta di ritorno, generalmente non lineare, dev'esser più breve che sia possibile. Durante la prima parte vengono trasmessi o ricevuti gl'impulsi di corrente dell'immagine; nella seconda gl'impulsi di sincronizzazione. Per la produzione delle correnti in forma di denti di sega sono stati escogitati diversi sistemi di cui il più adatto sembra essere quello di un dynatron oscillatore con due valvole amplificatrici. Gl'impulsi di sincronizzazione inviati dai circuiti di deviazione dell'apparecchio trasmettente, durante i periodi di ritorno, sulla medesima onda dei segnali dell'immagine, fanno oscillare il dynatron ricevitore in regime forzato e mantengono così il sincronismo del movimento dei fasci catodici trasmettente e ricevente. I due dispositivi di sincronizzazione per i movimenti orizzontale e verticale sono identici in principio e differiscono solo per le diverse costanti dei circuiti, generando l'uno oscillazioni di alta frequenza, di bassa l'altro.

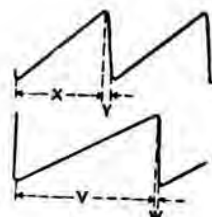


FIGURA 11.

Il fascio catodico dell'apparecchio ricevente lascerebbe durante il periodo di ritorno, specie quello verticale, una traccia luminosa sullo schermo fluorescente. Per eliminarla si sopprime completamente durante questi periodi il fascio catodico, applicando sul cilindro di controllo i segnali di sincronizzazione negativi.

La figura 12 mostra lo schema completo delle stazioni trasmettente e ricevente.

L'iconoscopio vero e proprio e la prima valvola amplificatrice sono montati in una cassetta che, posta su un cavalletto, ha tutta l'apparenza di una comune macchina da presa cinematografica facilmente spostabile ed orientabile in tutte le direzioni (fig. 13).

Il « dissettore delle immagini » di Farnsworth, per quanto di forma e costi-

tuzione essenzialmente diversa dall'iconoscopio, utilizza anch'esso il principio dell'esplorazione dell'immagine con fascio catodico. Esso è un tubo cilindrico a vuoto molto spinto (figg. 14 e 15) chiuso a un'estremità da una lastra traspa-

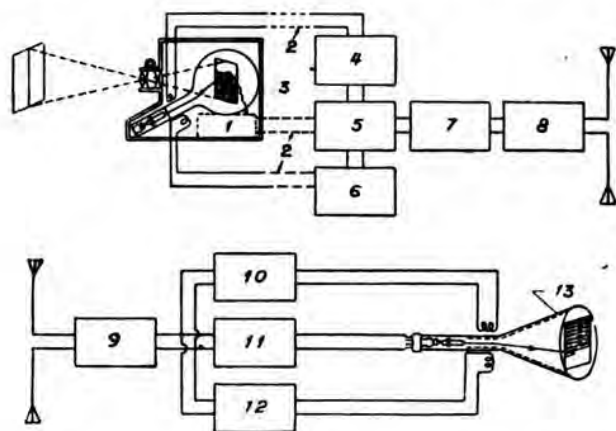


FIGURA 12.

rente *b* ricoperta da uno strato uniforme di sostanza fotoelettrica e all'altra estremità da una piastra metallica *x* funzionante da anodo. Un ordinario obiettivo fotografico proietta sulla pellicola fotoelettrica l'immagine da televisionare.



FIGURA 13.

Dalla pellicola fotoelettrica partono, in numero proporzionale all'intensità luminosa dei vari punti dell'immagine ottica, elettroni che vengono attirati dall'anodo. Un campo magnetico costante creato da un'opportuna corrente circolante nella bobina *e* regola le traiettorie degli elettroni provenienti da uno stesso punto dell'immagine in modo da concentrarli in un medesimo punto dell'anodo (linee tratteggiate della fig. 14). Su questo si viene a formare allora una immagine elettrica che riproduce fedelmente quella ottica dello schermo fotoelettrico.

Nel centro dell'anodo è praticata una piccola finestra quadrata *i* attraverso la quale passa un fascetto elementare di raggi elettronici. Essi costituiscono una

corrente elettronica che amplificata, forma il « segnale dell'immagine » e va all'aereo trasmittente a modulare un'onda portante.

Per analizzare tutta la scena vengono generati, mediante le bobine deviatrici *o* e *q* (fig. 14), dei campi elettromagnetici alternativi perpendicolari fra loro,

che determinano la deviazione dell'intero fascio di raggi elettronici paralleli. In questo modo tutti i fascetti elettronici provenienti dalle singole aree elementari costituenti l'immagine vengono a passare successivamente per la finestrina anodica. L'esplorazione avviene per linee orizzontali e il movimento del fascio elettronico si ottiene inviando nelle bobine deviatrici correnti in forma

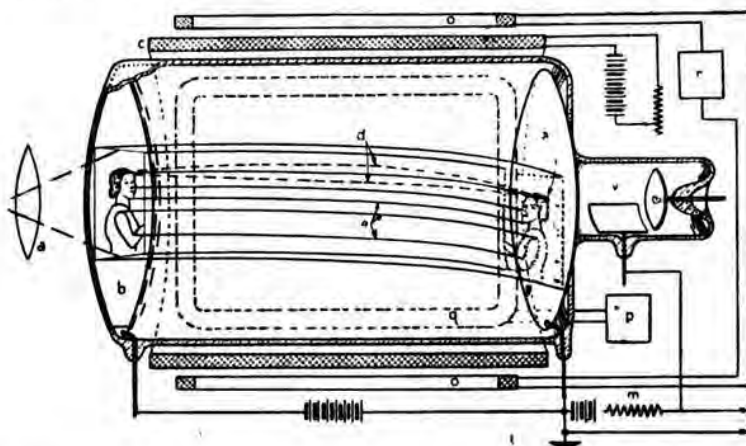


FIGURA 14.

di «denti di sega» generate da speciali oscillatori a valvola. L'apparecchio ricevente è un comune tubo a raggi catodici con schermo fluorescente in cui l'intensità del fascio viene modulata dai segnali dell'immagine in arrivo. Il movimento del fascio catodico ricevente viene effettuato mediante campi elet-

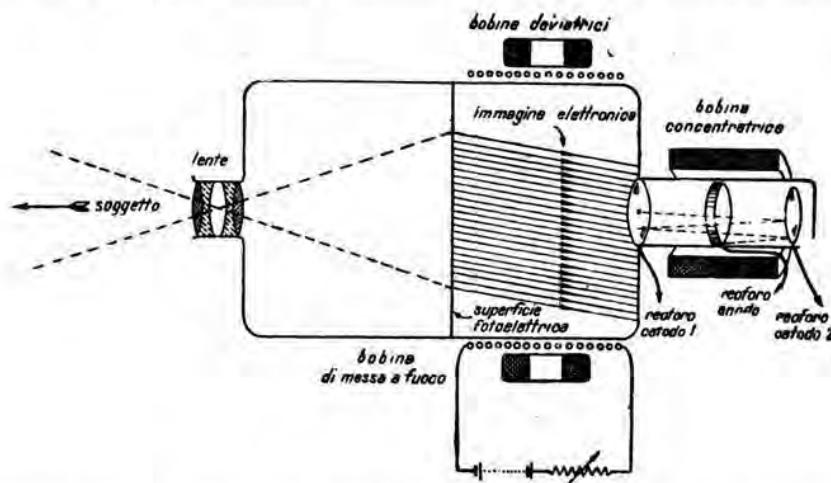


FIGURA 15.

tromagnetici alternativi della stessa forma di quelli dell'apparecchio trasmittente e il sincronismo viene ottenuto mediante segnali di sincronizzazione inviati durante i periodi di ritorno delle correnti a «denti di sega».

Il numero delle linee orizzontali di esplorazione è di 240 e tutta la immagine viene esplorata in 1/24 di secondo.

Malgrado la grande sensibilità della sostanza fotoelettrica usata nel dissetto di Farnsworth, il numero di elettroni provenienti da ogni singola area elementare dell'immagine è troppo piccolo per fornire una corrente che possa venire direttamente amplificata negli amplificatori a valvole i quali, anche se studiati in modo da presentare un livello minimo di rumore, non sono adatti per l'amplificazione di correnti troppo deboli. Si rimedia all'inconveniente mediante un moltiplicatore elettronico posto immediatamente dopo la piastra anodica. Questo moltiplicatore è un ingegnoso dispositivo che utilizza la emissione elettronica secondaria allo scopo di aumentare la corrente elettronica, e funziona quindi da preamplificatore.



FIGURA 16.

Esso è costituito da un tubo cilindrico ad alto vuoto (fig. 15) che termina alle due estremità con due piastre d'argento coperte da ossidi di sostanze come bario, cesio etc. atti a favorire l'emissione di elettroni secondari. Un anodo cilindrico di nichel o di molibdeno è simmetricamente disposto fra le due piastre. A queste si applica una tensione oscillante ad altissima frequenza: 50 megacicli o più. Gli elettroni fra le due placche parallele vengono accelerati, a causa del potenziale positivo dell'anello anodico. Un campo magnetico concentratore determina un incurvamento della traiettoria elettronica così che gli elettroni, invece di cadere subito sull'anodo, compiono un movimento di va e vieni fra le due piastre. Ogni volta che una frazione degli elettroni si trova col suo movimento nella giusta relazione di fase rispetto alla tensione oscillante delle piastre e le colpisce con notevole

velocità, vengono liberati elettroni secondari che vanno ad aumentare il flusso elettronico. Regolando opportunamente il campo magnetico concentratore, si riesce a fare in modo che gli elettroni terminino il loro movimento pendolare andando a cadere sull'anodo solo dopo aver urtato un certo numero di volte le piastre. Si riesce così ad ottenere elevatissimi fattori di moltiplicazione che arrivano fino a 2000 o più.

Anche l'apparecchio da presa di Farnsworth si presenta come una comune macchina cinematografica di relativamente piccole dimensioni e facilmente spostabile (fig. 16).

(Continua)

DOTT. G. MADIA

Trasmettitori e ricevitori a poliodi per onde dell'ordine del metro.

SOMMARIO. — Si riportano alcuni dati relativi alla realizzazione di piccoli trasmettitori e di piccoli ricevitori a poliodi per microonde e si prospettano, a titolo di esempio, i risultati sperimentali conseguiti sia in laboratorio sia in alcune esperienze di campagna. Si avanzano alcune ipotesi sul meccanismo di funzionamento di tali apparecchi.

Premessa.

1. — È ben nota la difficoltà di fare oscillare un triodo normale di piccola potenza su onde micro, anche quando la placca sia fortemente positiva (200 a 500 volt) e la griglia sia negativa o leggermente positiva ($-4 \div +5$ volt) [circuiti Gutton-Touly, $\lambda = 2$ m; Huxford-Bergmann, $\lambda = 83$ cm; Hollmann, $\lambda = 78$ cm, ecc.] per il fatto che in esso la capacità C_{ag} è relativamente grande (4 a 5 $\mu\mu F$) ed il tempo di transito degli elettroni, compatibilmente con le dimensioni geometriche degli elettrodi, non è trascurabile di fronte alla durata del periodo di oscillazione. Inoltre l'emissione secondaria è assai nociva così per l'innesco come per la persistenza delle oscillazioni, poichè gli elettroni emessi dalla placca impiegano un tempo relativamente cospicuo per ritornarvi, onde vengono assorbiti in tempi poco favorevoli alla generazione delle oscillazioni medesime.

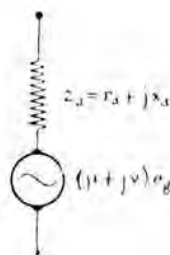


FIGURA 1.

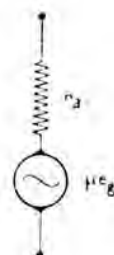


FIGURA 2.

Tuttavia, come ha dimostrato LLEWELLYN [1] attraverso una serrata trattazione che fa seguito alle considerazioni teoriche di BENHAM [2], allorché i potenziali elettrodi base del triodo supposto per semplicità ad elettrodi piani assumono valori tali che l'angolo di transito ξ (*) degli elettroni risulti pari a 2π , le oscillazioni si innescano nel circuito esterno accordato su onde anche prossime al metro. Questa è forse la ragione per cui Gutton, Huxford ed Hollmann scesero, senza darsene ragione, al disotto del limite fissato dalla teoria classica. Tale limite si aggira intorno all'onda di 3 metri.

Ad oscillazioni innescate però l'angolo ξ scende al disotto di 2π , per cui il rendimento del complesso si abbassa ed il suo funzionamento risulta poco stabile.

(*) Detto τ il tempo impiegato dall'elettrone a percorrere l'intervallo catodo-anodo, si definisce "angolo di transito", l'angolo $\xi = \frac{\tau}{T} 2\pi$, essendo T il periodo dell'oscillazione.

Inoltre, come la teoria Benham-Llewellyn dimostra, il circuito equivalente rappresentato nella fig. 1 si può sostituire a quello classico riportato in fig. 2, con l'intesa però che i parametri caratteristici: resistenza anodica, coefficiente di amplificazione e conduttanza mutua, per le frequenze in gioco perdano il significato consueto e siano considerate come delle grandezze di natura complessa, cioè affette da componenti reattive le quali alterano le ordinarie relazioni di fase fra voltaggio alternativo impresso alla griglia e corrente anodica variabile di placca. La reattanza della capacità interelettrodica filamento-placca risulta conglobata nella impedenza anodica z_a .

Tali parametri sono dati, secondo Llewellyn, dalle relazioni:

$$\begin{aligned} r_a &= -\frac{12 r_o}{\xi^4} (\xi \sin \xi + 2 \cos \xi - 2); \\ x_a &= -\frac{12 r_o}{\xi^4} (\xi + \frac{\xi^3}{6} - 2 \sin \xi + \xi \cos \xi); \\ \mu &= \frac{2 \mu_o}{\xi^2} (\xi \sin \xi + \cos \xi - 1); \\ \nu &= \frac{2 \mu_o}{\xi^2} (\xi \cos \xi - \sin \xi) \\ &\left[\text{per } \mu_o = g_o r_o; g_o = \frac{\partial I_o}{\partial V_{g_o}} \right]. \end{aligned}$$

Come si vede, essi dipendono dall'angolo di transito degli elettroni. Cosicchè tanto $z_a = r_a + jx_a$, come il fattore di amplificazione $\sigma = \mu + j\nu$ diminuiscono con il crescere dell'angolo ξ pur conservando un rapporto quasi costante.

A rigore il circuito equivalente in parola esiste non tra la placca e il catodo, bensì tra la placca e la zona a potenziale minimo che si forma presso il catodo, leggermente discosta dalla superficie di esso per effetto della velocità iniziale con cui gli elettroni escono dal catodo stesso. Questa carica di spazio produce effetti nocivi solo alle frequenze estremamente elevate per il fatto che introduce delle correnti di conduzione ed accresce praticamente la capacità interelettrodica.

Il triodo a ghianda ideato dai tecnici THOMPSON e ROSE [3] della R. C. A. pur avendo una capacità interelettrodica " C_{ag} ", relativamente elevata ($C_{ag} = 1,4 \mu\mu F$) a cagione del voluto ravvicinamento degli elettrodi (anche razionalmente ridotti) acquista, invece, un angolo di transito (degli elettroni) molto piccolo, per cui il suo comportamento, con potenziali elettrodici pressochè normali, è del tutto assimilabile a quello del triodo ordinario oscillatore e rivelatore in regime di bassa frequenza. Però, quando l'onda di lavoro scende al di sotto del metro, in armonia con la teoria Benham-Llewellyn, il rendimento si abbassa non essendo più esclusivamente ohmica la resistenza interna differenziale, nè reale il coefficiente di amplificazione del tubo per il fatto che ξ cresce

molto. Si notano, inoltre, per tali frequenze, una certa instabilità ed una difficile regolazione del circuito esterno.

Nei riguardi dell'impiego, si può affermare che, mentre i triodi ordinari vengono talora utilizzati esclusivamente come generatori di laboratorio (per quanto poco efficienti) di oscillazioni persistenti dell'ordine del metro, il triodo a ghianda 955 RCA, con opportuni potenziali base, viene oggi impiegato sia come generatore di classe C, sia come amplificatore a bassa e alta frequenza di classe A, sia infine come rivelatore di oscillazioni e. m. in connessione con circuiti di tipo normale ma di dimensioni ovviamente ridotte.

Il suo funzionamento può ritenersi ottimo solo per onde prossime ai cinque metri.

In definitiva Thompson e Rose hanno ottenuto tali risultati agendo unicamente sulle dimensioni geometriche del tubo.



FIGURA 3-a.

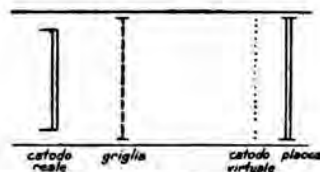


FIGURA 3-b.

2. — Relativamente alla generazione ed alla rivelazione delle onde micro, un funzionamento più stabile e di maggiore efficienza (per quanto conseguito con un gioco di potenziali anormali applicati agli elettrodi del tubo) si ottiene impiegando un triodo ordinario generalmente di piccola potenza alla cui griglia

si conferisce un potenziale fortemente positivo e alla placca un potenziale leggermente positivo o addirittura negativo, in opportuna connessione con il circuito esterno oscillatore o risuonatore.

I potenziali elettrodi operano in tal caso nel senso voluto sul tempo di transito degli elettroni e sulla loro velocità di movimento fra gli elettrodi.

I più recenti studi di HOLLMANN [4] e di CARRARA [5] (interpretati fisicamente ed analiticamente dal Llewellyn stesso, conducono a far credere alla presenza di un catodo virtuale nella contiguità della placca.

La formazione di tale catodo dipenderebbe dall'aumento della carica negativa spaziale presso la placca stessa per effetto del campo frenante dello spazio placca-griglia sugli elettroni fortemente accelerati dalla griglia. Si viene così a passare da un triodo ordinario ad un triodo equivalente che ha un secondo catodo (virtuale) fra la placca e la griglia (fig. 3). Ad esso catodo virtuale corrisponde il minimo della velocità assunta dagli elettroni, come è indicato nel punto A della curva a di fig. 4. Il valore di questo minimo - fisso restando il

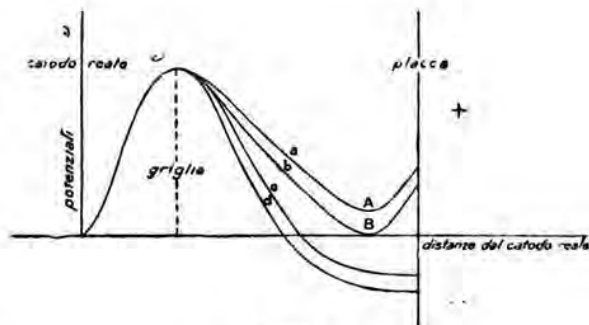


FIGURA 4.

potenziale della griglia e nella ipotesi che sia nulla la velocità di uscita degli elettroni dal catodo reale del tubo - dipende esclusivamente dal potenziale di placca. Nel caso della curva *b* esso è nullo; nel caso invece delle curve *c* e *d* non si ha minimo essendo la placca negativa. Nel passare dalla curva *b* a quella *c* si va dalla condizione in cui non si hanno elettroni di ritorno sulla griglia a quella in cui degli elettroni ricadono sulla griglia. Questa ultima condizione corrisponde al funzionamento Barkhausen-Kurz. Nel caso della curva *b*, fissando l'origine delle ascisse nel punto di minimo *B*, il quale può essere anche virtuale e cadere fuori del tubo, mancano gli elettroni di ritorno.

La teoria ricordata per il triodo a placca molto positiva rispetto alla griglia si può estendere al tubo virtuale della fig. 3 con l'intesa di considerare l'angolo di transito ξ negativo cioè pari a $-\xi$ essendo il moto degli elettroni contrario a quello normale, ossia diretto verso l'origine. Si ha in tal caso che:

$$V_g - V_a = \mu V_g - z_a i_a$$

essendo il modulo di $Z_a = f(\xi)$.

È da notare che nelle espressioni precedenti la corrente alternata totale di placca è diversa da quella complessiva passante per il catodo per il fatto che una porzione di essa viene assorbita dalla griglia.

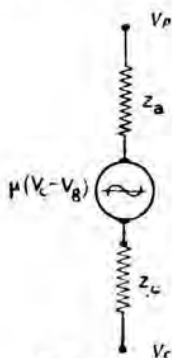


FIGURA 5.

Nell'ipotesi della curva *c* cioè del triodo avente griglia positiva e placca negativa, gli elettroni formano due correnti: una prima diretta nel verso griglia-placca ed una seconda in

senso opposto. Supposte eguali le aree degli elettrodi, non si ha corrente di riposo di placca perchè tutti gli elettroni che non partecipano al fenomeno oscillatorio devono tornare sulla griglia. Dopo laboriosi passaggi analitici, Llewellyn stesso giunge ad una espressione abbastanza complicata della differenza di potenziale esistente fra il catodo virtuale (supposto coincidente con la placca) e la griglia. Tale espressione, che si omette per brevità, è funzione assai complicata dell'angolo di transito degli elettroni negli spazi interelettrodi.

Anche per questo caso i parametri caratteristici sono delle grandezze complesse le cui componenti risultano funzioni dello stesso angolo ξ .

Il circuito equivalente indicato nella fig. 5 differisce da quello riportato in fig. 1, oltre che per l'espressione dei parametri (che del pari per brevità non si riportano), anche per la presenza dell'impedenza z_c relativa allo spazio interelettrodo catodo-griglia.

Di conseguenza, pure in questo caso, dal valore del tempo di transito degli elettroni dipende, come nel triodo con placca positiva, l'innesco delle oscillazioni o la rivelazione di quelle captate.

La teoria Benham-Llewellyn esaminata in confronto delle altre sembra, a mio avviso, la più idonea a spiegare il meccanismo delle oscillazioni elettroniche. Dal punto di vista pratico il funzionamento del triodo, essendo subordinato all'applicazione di potenziali anormali ai suoi elettrodi, risulta assai irregolare. Si

possono, com'è noto, ottenere oscillazioni del tipo Barkhausen-Kurz cioè indipendenti dalle caratteristiche oscillatorie del circuito esterno, oppure oscillazioni del tipo Gill e Morrell, cioè dipendenti dalle caratteristiche L e C del circuito esterno medesimo. Di più la lunghezza dell'onda e l'efficienza delle oscillazioni generate appaiono subordinate all'emissione catodica. Perciò mal si prestano allo scopo i tubi a consumo ridotto ed a riscaldamento indiretto a causa della loro incostante emissione catodica sotto il risucchio del potenziale molto elevato applicato alla griglia del triodo.

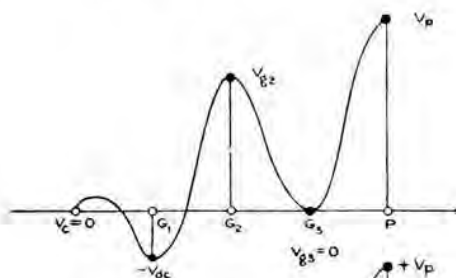


FIGURA 6 a).

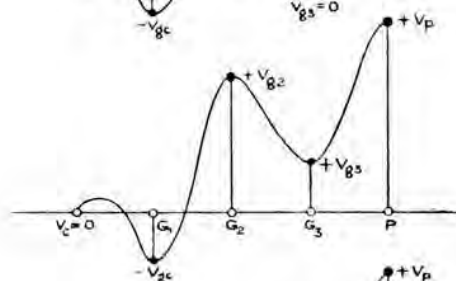


FIGURA 6 b).

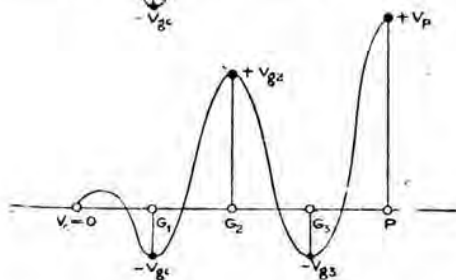
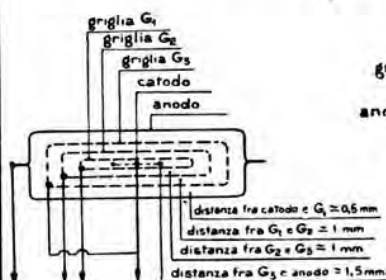


FIGURA 6 c).

L'idea di conciliare la cospicua efficienza dei dispositivi a campo frenante con delle distribuzioni pressochè normali dei potenziali elettrodi per costituire degli apparecchi campali di piccola mole, di regolare funzionamento nonchè di agevole sintonizzazione, mi ha indotto ad utilizzare i poliodi ed in particolare alcuni pentodi di tipo normale per ricezione. Per questi la capacità oscillatoria placca-griglia di controllo risulta dell'ordine di $0,05 \div 01 \mu\mu F$ e la distribuzione dei potenziali base elettrodi indicati qualitativamente nella fig. 6 a), b), c), in funzione degli intervalli elettrodi medi appare (in determinate condizioni di collegamento col circuito esterno) tale da favorire sia la generazione, sia la rivelazione delle onde dell'ordine del metro. Inoltre, la disponibilità di un secondo elettrodo di governo rende particolarmente agevole la regolazione dei potenziali

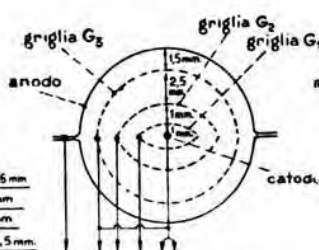
FIGURA 7.



Pentodo 443 Philips

B 443 Philips

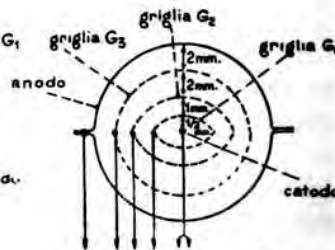
FIGURA 8.



Pentodo Fivre 4'

41 Fivre

FIGURA 9.



Pentodo R.C.A. 88 Radiotron

89 R. C. A.

Dati caratteristici del tubo

$V_f = 4 \text{ volt}$
 $i_f = 0,150 \text{ amp}$
 $V_{a \max} = 250 \text{ volt}$
 $V_{g3} = 150 \text{ volt}$
 $i_a = 12 \text{ mA}$
 $V_{g2} = -19 \text{ volt}$
 $\mu_1 \approx 60$
 $g_{m \max} = 1,5 \text{ mA/volt}$
 $g_{m \text{norm}} = 1,3 \text{ mA/V}$
 $R_a = 45000 \Omega$

La griglia di soppressione è connessa al filamento.

Dati caratteristici del tubo

(caratteristiche medie)
acc. scald. $\begin{cases} 6,3 \text{ volt} \\ 0,4 \text{ amp} \end{cases}$
 $V_{a \max} = 250 \text{ volt}$
 $V_{g3} = 180 \text{ volt}$
 $i_a = 32 \text{ mA}$
 $i_{g3} = 5,2 \text{ mA}$
 $R_a = 680000 \Omega$
 $\mu_1 = 150$
 $g_m = 2200 \mu \text{mho}$
Resist. di carico = 7600Ω
 $P_u = \text{potenza di uscita} = 3,4 \text{ watt}$

La griglia di soppressione è connessa al catodo.

Dati caratteristici del tubo

(come amplificatore di classe A)
acc. scald. $\begin{cases} 6,5 \text{ volt} \\ 0,4 \text{ amp} \end{cases}$
 $V_{a \max} = 250 \text{ volt}$
 $V_{g3} = \text{voltage del soppressore accessibile dall'esterno.}$
 $V_{g2}(\text{schermo}) = 250 \text{ volt}$
 $V_{g1}(\text{controllo}) = 25 \text{ volt}$
 $i_a = 32 \text{ mA}$
 $i_{g2} = 5,2 \text{ mA}$
 $\mu = 125$
 $R_a = 70000 \Omega$
 $g_m = 1800 \mu \text{mho}$
Res. di carico = 6750Ω
 $P_u = 3,4 \text{ watt}$

La griglia di soppressione è accessibile dall'esterno.

atti a produrre l'innesco, nonchè facile la modulazione del flusso elettronico nell'intervallo utile placca-griglia controllo (griglia n. 1).

Le considerazioni teoriche risultano pienamente confermate dalle esperienze di laboratorio e di campagna seguenti.

Dati sperimentali e osservazioni varie.

3. — Sperimentando vari pentodi sia a consumo ridotto, sia a riscaldamento indiretto, ed applicando agli elettrodi voltaggi poco diversi da quelli consigliati dai costruttori per il funzionamento consueto a frequenze poco elevate, ho constatato che i pentodi B 443 Philips, 41 Fivre, 89 R. C. A. (di cui nelle figg. 7, 8, 9 si riportano le fotografie delle strutture elettrodiche nonchè le sezioni ed i dati relativi al loro funzionamento come tubi amplificatori di bassa e media frequenza) con i montaggi appresso indicati, si prestavano assai bene allo scopo sopra menzionato.

4. — Per i pentodi a consumo ridotto il circuito generatore-modulatore da me impiegato è quello della fig. 10. I valori più opportuni da attribuire ai potenziali base dei vari elettrodi, relativamente al B 443 per generare l'onda minima, sembrano quelli riportati nella tabella I.

Per i pentodi a riscaldamento indiretto, il circuito di fig. 10 è stato convenientemente modificato in quello di fig. 11 *a*) e *b*) ed i valori dei potenziali elettrodici più adatti a generare l'onda minima appaiono quelli indicati nelle tabelle II e III. In ambo i casi, come risulta dalle tabelle, la distribuzione dei potenziali elettrodici di polarizzazione è simile a quella indicata nella fig. 6 *a*) per i tubi B. 443 Philips e 41 Fivre che hanno la griglia di soppressione connessa al catodo, mentre è simile a quella delle figg. 6 *a*), 6 *b*), 6 *c*) per il tubo 89 R. C. A., in corrispondenza dei potenziali della griglia di soppressione: 0, +4,5 volt, -4,5 volt.

L'impiego dei pentodi ordinari con i circuiti riportati e con i potenziali elettrodici adottati per la generazione delle microonde, sembra nuovo.

Il circuito utilizzato da HAMBURGER [6] col pentodo trigrida 89 R. C. A. allo scopo di indagare sulla natura delle oscillazioni elettroniche che sembrano generarsi nei vari spazi interelettrodici di un tubo a più di tre elettrodi (oscillazione del tipo B. K. e Gill e Morrell), oltre che essere limitato alla sola generazione, è assai diverso da quello da me adottato sia per la generazione, sia per la modulazione delle onde dell'ordine del metro. Di più Hamburger attribuisce ai vari elettrodi potenziali base positivi, come si vede dal diagramma tracciato in fig. 12 ad eccezione della placca a cui attribuisce potenziale nullo, e perciò anormali rispetto a quelli di ordinario impiego del tubo.

Fra le diverse ipotesi che si possono avanzare sul meccanismo di funzionamento del circuito da me adottato per la generazione delle onde dell'ordine del metro quella che mi sembra la più plausibile, dal punto di vista fisico, è la seguente.

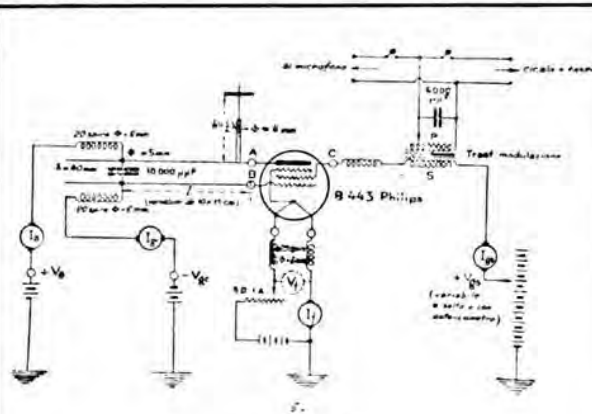


FIGURA 10.

TABELLA I (B 443 Philips).

Dati caratteristici per generare
 $\lambda_{\min}$.

$$V_f = 5 \text{ V}$$

$$I_f = 160 \text{ mA}$$

$$V_{\theta_c} = -4,5 \text{ V}$$

$$I_{\theta_c} = 2 \text{ mA}$$

$$V_{\theta_s} (\text{ottimo}) = 120 \text{ V}$$

$$I_{\theta_s} = 6,5 \text{ mA}$$

$$V_a = 240 \text{ V}$$

$$I_a (\text{riposo}) = 30 \text{ mA}$$

$$\lambda_{\min}^{(*)} = m \, 1,15 \text{ ancora efficiente per il collegamento}$$

N. B. - $\lambda_{\min}$ inefficiente è risultata di m. 0,95

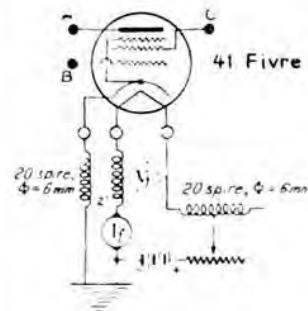


FIGURA 11 a)

TABELLA II (41 Fivre).

Dati caratteristici per generare
 $\lambda_{\min}$.

$$\left. \begin{array}{l} V_f = 6,3 \text{ V} \\ I_f = 0,4 \text{ A} \end{array} \right\} \text{ circuito accensione}$$

V_c catodo connesso al $-6,3$ volt e poi a massa attraverso (Z)

$$V_{\theta_c} = -9 \text{ V}$$

$$I_{\theta_c} = 1 \text{ mA}$$

$$V_{\theta_s} = 105 \text{ V}$$

$$I_{\theta_s} = 7 \text{ mA}$$

$$V_a = 120 \text{ V}$$

$$I_a = 40 \text{ mA}$$

$$\lambda_{\min}^{(*)} = m \, 1,10 \text{ ancora efficiente per il collegamento}$$

N. B. - $\lambda_{\min}$ inefficiente è risultata di m. 0,80

FIGURA 11 b)

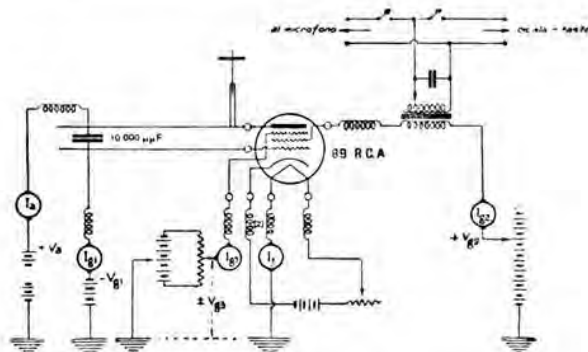


TABELLA III. - 89 R. C. A. - RADIOTRON.

Dati caratteristici per generare λ minima efficiente pari a 1,05 m	Dati caratteristici atti a generare λ minima efficiente pari a 1,07 m	Dati caratteristici atti a generare λ minima efficiente pari a 1,09 m
$V_f = 6,3$ volt $I_f = 0,4$ amp $V_c = -6,3$ volt (catodo connesso al negativo del filamento e poi a massa attraverso la (Z). $V_{g1} = -9$ volt (griglia controllo) $I_{g1} = \begin{cases} 2 \text{ mA a tasto alzato} \\ 4,5 \text{ mA } \gg \text{ abbassato} \end{cases}$ $V_{g2} = +98$ volt $I_{g2} = \begin{cases} 2 \text{ mA a tasto alzato} \\ 5 \text{ mA } \gg \text{ abbassato} \end{cases}$ $V_{g3} = +4,5$ volt (griglia di soppressione) $I_{g3} = 0$ $V_a = 180$ volt $I_a = \begin{cases} 32 \text{ mA a tasto alzato} \\ 44 \text{ mA } \gg \text{ abbassato} \end{cases}$	$V_f = 6,3$ volt $I_f = 0,4$ amp $V_c = -6,3$ volt $V_{g1} = -9$ volt $I_{g1} = \begin{cases} 1,5 \text{ mA a tasto alzato} \\ 4,0 \text{ mA } \gg \text{ abbassato} \end{cases}$ $V_{g2} = 98$ volt $I_{g2} = \begin{cases} 2,0 \text{ mA a tasto alzato} \\ 4,5 \text{ mA } \gg \text{ abbassato} \end{cases}$ $V_{g3} = 0$ $I_{g3} = 0$ $V_a = 180$ volt $I_a = \begin{cases} 20 \text{ mA a tasto alzato} \\ 44 \text{ mA } \gg \text{ abbassato} \end{cases}$	$V_f = 6,3$ volt $I_f = 0,4$ amp $V_c = -6,3$ volt $V_{g1} = -9$ volt $I_{g1} = \begin{cases} 0,5 \text{ mA a tasto alzato} \\ 4,0 \text{ mA } \gg \text{ abbassato} \end{cases}$ $V_{g2} = +98$ volt $I_{g2} = \begin{cases} 1 \text{ mA a tasto alzato} \\ 5 \text{ mA } \gg \text{ abbassato} \end{cases}$ $V_{g3} = -4,5$ $I_{g3} = 0$ $V_a = 180$ volt $I_a = \begin{cases} 14 \text{ mA a tasto alzato} \\ 44 \text{ mA } \gg \text{ abbassato} \end{cases}$
λ minima inefficiente 0,73 m	λ minima inefficiente 0,75 m	λ minima inefficiente 0,78 m

Nello schema completo della fig. 11 *b*) in cui la griglia di soppressione del pentodo 89 R. C. A. è connessa ad un'impedenza di blocco e questa, a mezzo di un potenziometro, al negativo della batteria di accensione e per esso alla massa, il pentodo si può considerare come un particolare tubo elettronico per microonde (fig. 13) nel quale, oltre al catodo reale, si manifestano due catodi virtuali: un primo nella contiguità della griglia controllo G_1 (a cagione della velocità di uscita, non nulla, degli elettroni dal catodo reale), ed un secondo fra griglia schermo G_2 e griglia di soppressione G_3 , tra le quali si manifesta un forte campo frenante.

Questo secondo catodo virtuale sarebbe il catodo fittizio attivo del poliodo per microonde che si verrebbe a generare nel pentodo normale. Da tale catodo fittizio si dipartirebbe una corrente elettronica, diretta verso la placca P (tenuta a potenziale positivo relativamente elevato) attraverso le maglie della griglia G_3 ; un'altra corrente (fermo restando il potenziale della griglia di soppressione) andrebbe dalla griglia controllo (attraverso le maglie della griglia G_2 , tenuta a un potenziale positivo di circa $\frac{2}{3}$ di quello relativo alla placca) verso il catodo fittizio stesso.

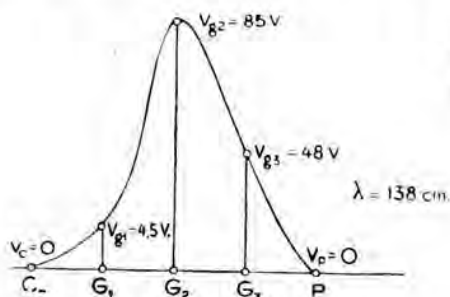


FIGURA 12.

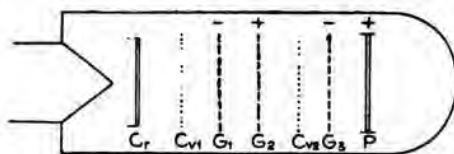


FIGURA 13.

Il catodo reale che caratterizza la sorgente primaria degli elettroni sembra protetto dalla nube elettronica costituente il catodo virtuale C_{v1} e perciò la vita del tubo (specie se a riscaldamento indiretto) non appare compromessa come lo è invece negli oscillatori a triodi B. K. con griglia fortemente positiva.

La griglia G_1 (di controllo nel tubo normale) assumerebbe nel nuovo pentodo una funzione analoga a quella della placca del B. K.; la griglia G_2 , quella di elettrodo acceleratore degli elettroni, e quella di alimentatore del catodo attivo C_{v2} ; la griglia G_3 (griglia di soppressione nel tubo normale per basse frequenze) sarebbe destinata infine tanto alla creazione del catodo virtuale C_{v2} quanto alla parziale regolazione della ubicazione di esso. La placca, dovrebbe considerarsi come griglia del triodo B. K. equivalente epperò più efficiente di una griglia ordinaria.

Dal potenziale positivo attribuito alla griglia G_2 e da quello negativo, nullo o leggermente positivo conferito alla griglia G_3 dipenderebbero (come d'altronde l'esperienza prova) sia l'ubicazione del catodo virtuale C_{v2} sia la velocità di transito degli elettroni nei diversi spazi interelettrodi.

Il poliodo per microonde derivante da un pentodo normale sarebbe quindi costituito da un particolare pentodo trigriglia composto dalla griglia G_1 , dalla

griglia G_2 , dal catodo C_{r2} , dalla griglia G_3 e dalla placca P così come è graficamente indicato in fig. 14.

Fisso il potenziale della griglia G_3 , la frequenza di oscillazione resterebbe vincolata soprattutto ai potenziali degli elettrodi placca P , griglia G_2 , griglia G_1 , nel senso che il tempo di transito degli elettroni fra catodo C_{r2} (prossimo alla griglia G_3) e placca P , sommato al tempo di transito di quegli elettroni che dalla griglia G_1 vanno verso il catodo virtuale C_{r2} , forma un periodo intero od un multiplo del periodo.

Quando siano mantenuti a valori opportuni i potenziali base delle griglie

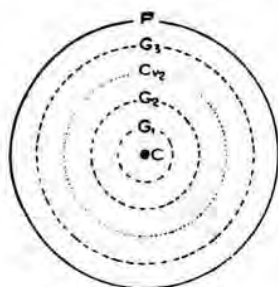


FIGURA 14.

G_1 e G_3 e della placca P , i tempi di transito degli elettroni in movimento rispettivamente fra il catodo virtuale C_{r2} e la placca P e tra la griglia G_1 ed il catodo virtuale C_{r2} stesso, sono subordinati (sebbene in maniera non del tutto critica) al potenziale base positivo della griglia G_2 .

In definitiva il pentodo per microonde, che scaturisce da un pentodo ordinario avente la griglia di soppressione ad un potenziale leggermente positivo, nullo o poco negativo si comporterebbe (attraverso l'opportuno gioco dei potenziali base elettrodi) come un triodo a griglia fortemente positiva. In esso il catodo virtuale coinciderebbe quasi con la griglia G_3 , la placca assumerebbe la funzione di griglia fortemente positiva e la griglia G_1 quella di placca del triodo equivalente elettronico (B. K.).

Questa ipotesi sembrerebbe avvalorata dal fatto che in sede sperimentale l'oscillazione si disinnescava lasciando fissi i potenziali base elettrodi ma sregolando il circuito esterno posto fra placca P e griglia G_1 in prossimità dell'onda minima di lavoro.

La connessione della griglia G_3 ed il potenziale base ad essa attribuito avrebbero sensibile importanza nei riguardi dell'efficienza del dispositivo.

Difatti, connettendo il soppressore del pentodo 89 R. C. A. direttamente al catodo, e poi questo, attraverso un'impedenza, al negativo del filamento così come avviene per i pentodi B 443 Philips e 41 Fivre, la potenza oscillatoria risulta abbastanza ridotta a causa della fuga che avviene attraverso tale elettrodo di gran parte delle oscillazioni generate. Perciò il tubo 89 R. C. A. è stato prescelto per la costruzione del circuito definitivo che è poi servito alle esperienze di campagna.

Passare ora dal modello fisico alla definizione analitica del triodo elettronico equivalente al poliodo generatore di microonde non è lavoro agevole; tuttavia in una successiva nota tenterò di esporre tale teoria giovandomi soprattutto di quella classica di Benham-Llewellyn.

L'estensione di questa teoria ai poliodi può forse spiegare il loro meccanismo di funzionamento come generatori di microonde allorché essi hanno le griglie e la placca sottoposte a potenziali positivi gradualmente crescenti.

Ai pentodi a ghianda 954 R. C. A. si può, invece, estendere la recente teoria sintetizzata da PIDGEON [7] con opportune varianti ed aggiunte. L'esposizione completa di tale teoria sarà oggetto di una successiva nota.

* * *

Le frequenze oscillatorie generate dai circuiti delle figg. 10 - 11 sono state apprezzate a mezzo dell'ondametro ad assorbimento descritto nella fig. 15. Esso è stato tarato con il metodo classico delle onde stazionarie su di un dispositivo a ponte di Lecher eccitato da un triodo 955 R. C. A. a ghianda montato alla Hartley.

La gamma della bobina n. 1 va da $0,70 \div 1,10$ m; quella della bobina n. 2 va da $1,07 \div 1,55$ m, ed infine quella della bobina n. 3 va da $1,52 \div 1,93$ m.

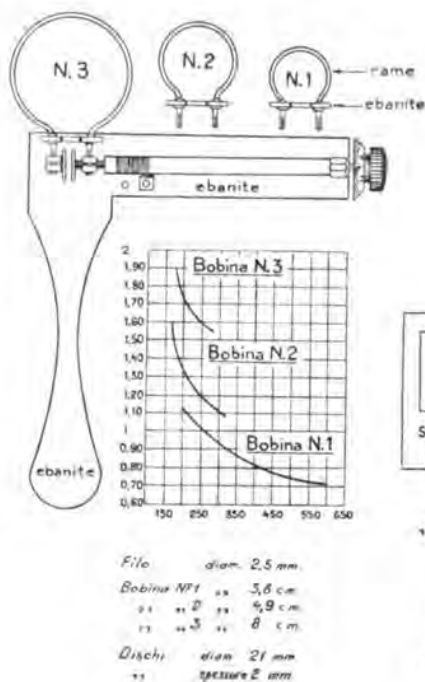


FIGURA 15.

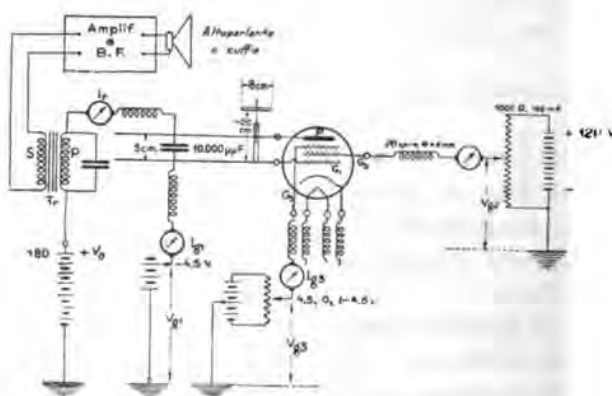


FIGURA 16.

* * *

Come era da prevedersi, dato il meccanismo di funzionamento del trasmettitore in relazione alle elevate frequenze messe in gioco, la potenza oscillatoria ricavata dai pentodi è risultata superiore a quella che alle stesse frequenze si è ottenuta dai triodi a ghianda.

Si è osservato, in analogia con quanto avviene nei circuiti con triodi a ghianda, che la potenza irradiata e quindi l'efficienza del collegamento cresce in ragione diretta dell'aumento dell'onda di lavoro.

Maggior potenza si potrà ovviamente mettere in gioco impiegando, in trasmissione, poliodi di più elevata efficienza e di più razionale costruzione, cioè dei veri e propri poliodi per microonde di cui si è ordinata la costruzione alla Ditta Zenith di Monza.

La modulazione è risultata ottima, perchè è stato possibile variare il coefficiente di amplificazione del tubo secondo la legge fonica della forza e. m. impressa in armonia con quanto viene esposto nell'appendice n. 1.

Tuttavia, molto marcata è risultata l'influenza del potenziale base di griglia schermo sulla profondità e sulla qualità della modulazione.

5. — Il circuito ricevente da me impiegato è quello descritto nella fig. 16. Esso sembra nuovo. I dati sperimentali concernenti soprattutto i potenziali e le correnti in gioco nei vari elettrodi in corrispondenza dell'onda minima di lavoro ottenibile sono quelli elencati nella tabella IV. Sia il circuito, sia i dati sperimentali sono stati, per brevità, limitati al caso del pentodo 89 R. C. A.

Il meccanismo di funzionamento di tale circuito, in virtù dei potenziali base elettrodi applicati, sembrerebbe il seguente.

Il poliodo normale si comporterebbe sempre come il pentodo trigriglia per microonde (descritto schematicamente in fig. 14) funzionante come triodo equivalente con griglia fortemente positiva.

In esso regolando al punto giusto, a mezzo del potenziale della griglia acceleratrice G_2 (fermi restando i potenziali base degli altri elettrodi) la posizione del catodo Cv_2 (fra placca P e griglia G_1) accade che, a seconda delle variazioni della forza elettrica totale agente sull'antennola captatrice collegata alla G_1 , ossia del potenziale impresso, gli elettroni dal catodo virtuale Cv_2 si dirigono o verso la placca (quando G_1 diventa più negativa) o verso la griglia G_2 e quindi verso G_1 medesima quando diventa meno negativa o addirittura positiva; d'onde l'effetto rivelatore.

L'esperienza sembra confermare l'ipotesi precedente. Difatti, disponendo l'antennola captatrice sulla placca e regolando il potenziale della griglia G_2 a mezzo del potenziometro p , i segnali risultano ancora udibili, ma hanno efficienza sensibilmente ridotta rispetto a quelli che si ottengono - a parità di distanza dal trasmettitore - quando l'antennola viene disposta sulla griglia G_1 e viene regolato al valore giusto il potenziale base della griglia G_2 .

L'amplificatore a bassa frequenza resta però sempre disposto in serie sul circuito anodico. Il dispositivo perciò manifesta anche un leggero effetto amplificatore.

La sintonia è risultata molto acuta, essendo sufficiente variare la posizione della capacità C sul ponte di fig. 16 di qualche millimetro per ridurre al silenzio l'altoparlante; così pure è bastato variare di poco il potenziale base della griglia schermo del pentodo normale per rendere impossibile la ricezione.

La riduzione della accensione del filamento ha invece prodotto un affievolimento dei segnali senza peraltro agire in modo decisivo sulla sintonia. Si è poi constatato che lasciando l'antennola captatrice sulla griglia controllo, ma disponendo il trasformatore d'ingresso dell'amplificatore prima nel circuito della griglia G_1 poi in quello della griglia G_2 ed infine in quello della griglia G_3 anzichè nel circuito di placca del tubo ricevente, la ricezione dei segnali è risultata via via più indebolita ma tuttavia superiore a quella che si aveva nel caso

in cui l'antennola era disposta sulla placca. La sintonia non è risultata per contro variata. La ricezione, ad ogni modo, è avvenuta in condizioni abbastanza lontane da quelle d'innesco delle oscillazioni.

Nei riguardi della stabilità di funzionamento, ho constatato che, provvedendo per più giorni di seguito all'accensione dei filamenti, di 15 in 15 minuti, ma

TABELLA IV. - 89 R. C. A. - RADIOTRON

Dati caratteristici atti a far rivelare sempre l'onda di m 1,05	Dati caratteristici atti a far rivelare sempre l'onda di m 1,05	Dati caratteristici atti a far rivelare sempre l'onda di m 1,05
$V_f = 6,3 \text{ volt}$ } accensione $I_f = 0,4 \text{ amp}$ } $V_c = -6,3 \text{ volt}$ (connesso al meno filamento attraverso (Z). $V_{g1} = -4,5 \text{ volt}$ (griglia controllo) $I_{g1} = 0$ $V_{g2} \leq 60 \text{ volt}$ (griglia schermo) $I_{g2} = 1,5 \text{ mA}$ $V_{g3} = -4,5 \text{ volt}$ (griglia di soppressione) $I_{g3} = 0$ (inapprezzabile) $V_a = 180 \text{ volt}$ $I_a = 7,5 \text{ mA}$	$V_f = 6,3 \text{ volt}$ } accensione $I_f = 0,4 \text{ amp}$ } $V_c = -6,3 \text{ volt}$ $V_{g1} = 4,5 \text{ volt}$ $I_{g1} = 0$ $V_{g2} \leq 60 \text{ volt}$ $I_{g2} = 2 \text{ mA}$ $V_{g3} = 0 \text{ volt}$ $I_{g3} = 0 \text{ mA}$ $V_a = 180 \text{ volt}$ $I_a = 15 \text{ mA}$	$V_f = 6,8 \text{ volt}$ } accensione $I_f = 0,4 \text{ amp}$ } $V_c = -6,3 \text{ volt}$ $V_{g1} = -4,5 \text{ volt}$ $I_{g1} = 0$ $V_{g2} \leq 60 \text{ volt}$ $I_{g2} = 2,1 \text{ mA}$ $V_{g3} = +4,5$ $I_{g3} \leq 0$ (piccolissimo inapprezzabile) $V_a = 180 \text{ volt}$ $I_a = 16 \text{ mA}$

lasciando inalterate le alimentazioni degli anodi e delle griglie, si riprendeva sempre senza ritocco dei circuiti la comunicazione fra i due apparati sperimentali trasmettente e ricevente riportati nelle fotografie 17 e 18, i quali erano sistemati in due diversi locali dell'Istituto, separati da muri di tufo abbastanza spessi.

Le prove di collegamento in campagna hanno permesso, con visuale diretta e senza l'impiego di schermi parabolici, la comunicazione a quasi 1 km di distanza sulla Via Trionfale. La conversazione è risultata sempre ottima. Solo quando l'antennola trasmettente è scomparsa all'orizzonte di quella relativa all'apparato ricevente tenuto fermo, non si è potuto più comunicare nè in radiotelefonía, nè in radiotelegrafia.

6. — In conclusione, l'impiego dei polioidi nelle radiocomunicazioni per onde micro sembra abbastanza interessante sia dal punto di vista scientifico sia dal

punto di vista tecnico. Sotto l'aspetto scientifico l'argomento ha interesse per il fatto che esso apre il campo a nuove indagini sul reale comportamento dei tubi a più elettrodi utilizzati così per la generazione come per la rivelazione delle frequenze estremamente elevate. Sotto l'aspetto tecnico ha importanza perchè gli apparati che utilizzano i poliodi, con i montaggi sopra indicati, rivelano una marcata efficienza in trasmissione, un'agevole modulazione, una facile ed efficace rivelazione ed infine una cospicua stabilità di frequenza, difficile a conseguirsi altrimenti.

Il loro impiego può riuscire quindi molto interessante nelle radiocomunicazioni campali.



FIGURA 17.

FIGURA 18.

Dal punto di vista applicativo militare sembra anche degno di rilievo il fatto che tanto alla generazione, quanto alla rivelazione delle microonde si prestano bene sia i poliodi a riscaldamento indiretto, sia quelli a consumo ridotto, ai cui elettrodi vengono applicati potenziali di valore normale, in contrapposto con quanto avviene nei generatori Gutton-Touly ed in quelli Barkhausen-Kurz, a triodi, nei quali occorre attribuire ai voltaggi elettrodici valori eccezionalmente elevati ed anormali.

Come si è accennato, un pentodo simile al tubo 89 R. C. A. trigriglia (che ha la possibilità d'accesso della griglia di soppressione direttamente dall'esterno) ma di caratteristiche più rispondenti al funzionamento come generatore e come rivelatore di microonde (con placca elettrodo di potenza) è stato commissionato alla Casa Zenith.

Con esso e con il pentodo 954 R. C. A. a ghianda si spera, in seguito, di continuare le prove di cui si è fatto cenno nella presente nota. Le esperienze effettuate giovandosi di pentodi ordinari sembrano tuttavia già feconde di utili ed interessanti applicazioni nel complesso campo delle radiocomunicazioni con microonde.

ISTITUTO MILITARE SUPERIORE DELLE TRASMISSIONI
Roma, aprile-ottobre 1935 XIII-XIV.

dott. ing. DONATO GILIBERTI
1° CAPITANO DEL GENIO S. S. E.

BIBLIOGRAFIA:

- [1] LLEWELLYN - Vacuum Tube Electronics at Ultra high Frequencies - *The Bell System Technical Journal* - 1934, pag. 59.
- [2] BENHAM - Theory of the Internal Action of Thermionic Systems at Moderately High Frequencies - *Philosophical Magazine* - 1928, pag. 641 e 1931, pag. 457.
- [3] THOMPSON E ROSE - Vacuum Tubes of Small Dimensions for Use at Extremely High Frequencies - *Proc. I. R. E.* - dicembre 1933, pag. 1707.
- [4] HOLLMANN - Der Empfang ultrakurzer Wellen mit dem Bremsaudion - *Hochfreq. und Elektroakustik* - settembre 1933, pag. 89.
- [5] CARRARA - La rivelazione delle microonde - *A. F.* - Vol. I, n. 1, marzo 1932.
- [6] HAMBURGER - Electron Oscillations With Triple-Grid Tube - *Proc. I. R. E.*, gennaio 1934, pag. 79.
- [7] PIDGEON - Theory of Multi-Electrode Vacuum Tubes - *The Bell System Technical Journal* - gennaio 1935, pag. 44.
- [8] BOLLETTINO PHILIPS - 1932 ÷ 1935.
- [9] PETERSON-LLEWELLYN - The Operation of Modulators from a Physical Standpoint - *Proc. I. R. E.*, gennaio 1930.

ALTRI LAVORI CONSULTATI:

- CHAFFÉE - Theory of Thermionic Vacuum Tubes - Mc. Graw N. Y.
- GUTTON - La lampe à trois électrodes - 1926.
- MESNY - Les ondes courtes - 1927.
- RIMINI - Elementi di radiotecnica generale - 1935, Zanichelli.
- RUELLE - Principi di radiotecnica - 1928, Hoepli.
- SACCO - Le valvole elettroniche - 1929.
- TIBERIO - Le oscillazioni elettroniche - *Boll. R. T.* - dicembre 1933.
- VANNI - Radiotecnica - Albrighi e Segati.
- VALLAURI - L'audion - *L'elettrotecnica*, 1917.

APPENDICE I.

Estensione della teoria classica della modulazione di seconda specie ai polioidi generatori di microonde.

La modulazione che nel triodo ordinario avviene agendo o sulla placca o sulla griglia controllo, nel polioido, ed in particolare nel circuito delle figg. 10 ÷ 11 (v. nota precedente) con pentodo (qualunque sia il meccanismo oscillatorio di funzionamento) avviene operando sul flusso elettronico e nell'intervallo griglia controllo-placca, cioè operando sulla griglia schermo. In un polioido più complesso (esodo, eptodo, ecc.) si potrebbe, tuttavia, operare anche su di una diversa griglia ausiliaria interposta nello spazio interelettrodo suddetto. Essa potrebbe essere effettuata più utilmente, forse, impiegando un microfono a condensatore con caratteristica lineare anziché quello a carbone utilizzato nelle prove di cui si è parlato nella nota precedente. La modulazione potrebbe anche avvenire agendo in serie sulla griglia schermo con il metodo Telefunken del triodo invertito

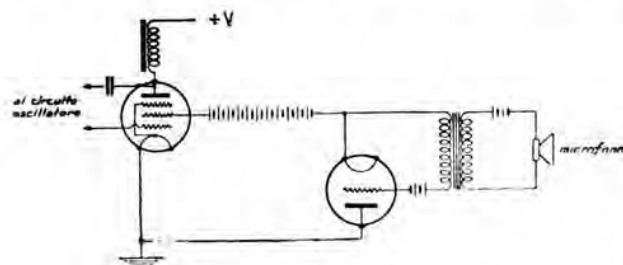


FIGURA 19.

secondo lo schema schizzato in figura 19. Tale circuito applicato ai polioidi oscillatori per onde medie si è mostrato assai più efficiente di quello in pratica impiegato nel circuito delle figg. 10 ÷ 11 a), b) per ragioni evidenti di semplicità.

Col circuito di fig. 19 sempre per onde medie, la corrente oscillatoria, durante la modulazione, cresce del 25%, cioè la modulazione, che può ammettersi lineare, ha la profondità del 100%.

Il meccanismo di funzionamento del circuito delle figg. 10 ÷ 11 a), b), in modulazione, può assimilarsi a quello che si ottiene allorché un conduttore non ohmico, a caratteristica curva, viene alimentato da un voltaggio del tipo (*)

$$v = V_{\omega} \sin \omega t + V_{\Omega} \sin \Omega t.$$

Tale conduttore non ohmico è costituito dal tronco catodo placca del polioido in esame. La corrente che lo attraversa ha una componente proporzionale al prodotto $\sin \omega t \sin \Omega t$.

Difatti, indicando con:

$$i = f(\epsilon) = f(v_0 + v) \quad (1)$$

la caratteristica del conduttore considerato, in cui v_0 rappresenta il particolare valore di ϵ intorno al quale si opera, dallo sviluppo in serie di Taylor del secondo membro della (1) per ϵ tendente a v_0 , cioè per v tendente a zero, si ha:

$$i = f(v_0) + v f'(v_0) + \frac{v^2}{2} f''(v_0) + \dots \quad (2)$$

Nel caso che $i = f(\epsilon)$ sia assimilabile ad una parabola oppure che v sia sufficientemente piccola, i termini della (2) possono limitarsi a quelli indicati, per cui si potrà scrivere:

$$i' = i - f(v_0) = (g + g' v) v, \text{ essendo } g = f'(v_0) \text{ e } g' = \frac{f''(v_0)}{2}.$$

Il conduttore appare così affetto da una conduttanza differenziale G regolata dalla legge lineare $g + g' v = G$.

(*) Cfr. Bibliografia [8] e [9].

Nell'ipotesi che V_{ω} sia molto piccolo, la conduttanza sarà definita, con sufficiente approssimazione, da:

$$G \simeq g + g' V_{\Omega} \sin \Omega t.$$

Di conseguenza si avrà:

$$i' = \simeq (g + g' V_{\Omega} \sin \Omega t) (V_{\omega} \sin \omega t + V_{\Omega} \sin \Omega t),$$

ossia il diagramma di i' sarà quello di una corrente modulata:

$$V_{\omega} (g + g' V_{\Omega} \sin \Omega t) \sin \omega t,$$

avente per linea di riferimento la curva $(g + g' V_{\Omega} \sin \Omega t) \cdot V_{\Omega} \sin \Omega t$, invece dell'asse delle ascisse.

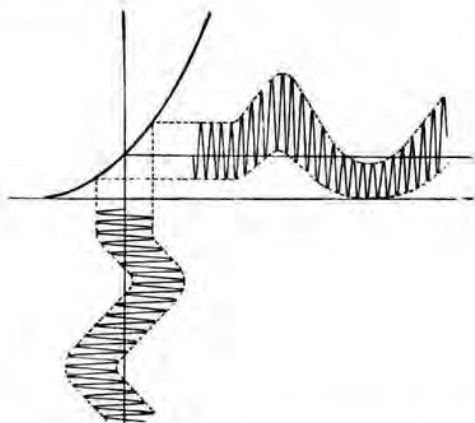


FIGURA 20.

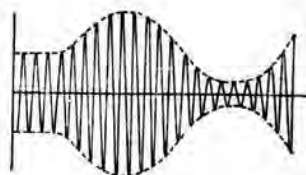


FIGURA 21.

Nella fig. 20 viene rappresentato, dal punto di vista grafico, il meccanismo di funzionamento del sistema. Nella fig. 21 è indicato l'andamento della componente modulata della corrente anodica.

Si può di conseguenza ammettere che, con un piccolo voltaggio V_{ω} ma con elevato V_{Ω} , il modulatore funzioni come un amplificatore di classe A a rapporto di amplificazione variabile con la polarizzazione della griglia schermo, ossia con la legge della d. d. p. modulante impressa $V_{\Omega} \sin \Omega t$.

NOTIZIARIO

Il Corso di perfezionamento in radiotecnica dell'Istituto di elettrotecnica generale del Regio Politecnico di Milano è quest'anno corredato di una serie di corsi monografici, affidati a eminenti personalità del campo radiotecnico.

Al corso di «microonde» tenuto dal prof. Nello Carrara, seguirà il corso di «televisione» con una conferenza del dott. ing. Alessandro Banfi dell'E.I.A.R. A questa seguiranno tre lezioni del dott. prof. Cosimo Pistoia, presso la sede dell'Istituto di elettrotecnica generale del Regio Politecnico in piazzale Leonardo da Vinci, nelle quali verrà trattato più estesamente il problema della televisione, con particolare riferimento ai sistemi di trasmissione e ricezione delle immagini, e alle innovazioni recentemente introdotte in questo campo.

RECENSIONI.

N. E. LINDENBLAD - **Progressi nei trasmettitori per frequenze oltre 300 megacicli** - (*Proc. I. R. E.*, settembre 1935, Vol. 23, pag. 1013 con 23 figure).

Il rendimento dei generatori a tubi elettronici scende rapidamente quando la frequenza oltrepassa i 300 megacicli ($\lambda = m 1$), perchè il tempo impiegato dagli elettroni a percorrere l'intervallo catodo-anodo risulta elevato nei confronti del periodo oscillatorio. Questa "inerzia", del flusso elettronico produce due conseguenze: la prima è che alcuni elettroni non arrivano ad oltrepassare la griglia prima che l'alternanza positiva di griglia sia terminata, e quindi rimangono tra griglia e catodo; la seconda è che una parte notevole degli elettroni oltrepassa la griglia al termine dell'alternanza positiva, viene accelerata durante il successivo semiperiodo dal campo placca-griglia a spese

della energia oscillatoria, e va a cadere sulla placca mentre questa ha potenziale oscillante nullo o positivo, dissipando così in calore energia prelevata dal circuito di erogazione.

La fig. 1, compilata da W. C. White in base a risultati forniti dai migliori tubi americani per onde ultracorte, mostra chiaramente come la resa dei tubi scenda con estrema rapidità nella gamma delle microonde.

È possibile ovviare a tali inconvenienti in due modi: riducendo la distanza fra gli elettrodi, oppure "organizzando", i movimenti degli elettroni in maniera che l'energia che essi prelevano dal circuito di erogazione non vada dissipata in calore, ma venga restituita al circuito medesimo.

Nei generatori tipo Barkhausen-Kurz e Magnetron, si riesce ad "organizzare", il moto degli elettroni in modo da determinare addensamenti periodici della carica spaziale, i quali addensamenti inducono sugli elettrodi la tensione oscillante. La presenza di un campo elettrico frenante, o di un campo magnetico, agevola il prodursi di tale effetto, che viene detto "di fischio", per analogia col meccanismo di funzionamento dei fischi ad aria.

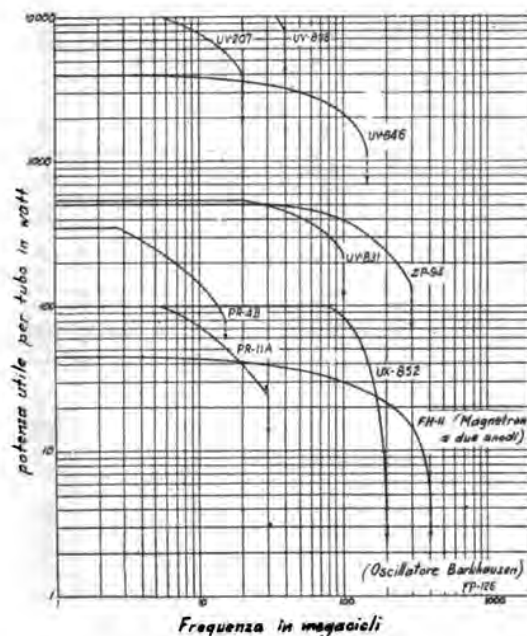


FIGURA 1.

Potenza utile ottenibile dai tubi americani per ultracorte, in funzione della frequenza.

Poichè l'ottenimento di tale effetto corrisponde a condizioni relativamente critiche, si è pensato di agevolare l'organizzazione del movimento elettronico introducendo nel tubo una tensione a frequenza sottomultipla. Il generatore viene così a funzionare come un moltiplicatore di frequenza, col vantaggio che è possibile stabilizzare la lunghezza d'onda. Il metodo che si è trovato più conveniente per applicare tale principio è quello di adoperare triodi in montaggio normale (placca positiva) soggetti ad un campo magnetico parallelo al filamento. La fig. 2 fa vedere come il campo magnetico abbia per effetto di facilitare l'organizzarsi degli elettroni in gruppi. Infatti, elettroni che partono dal catodo con ritardi di fase diversi rispetto alla tensione acceleratrice, ritornano aggruppati con la stessa fase (260° nella figura).

L'A. descrive un complesso generatore, in cui sono opportunamente sfruttati insieme gli effetti "organizzanti", del campo magnetico e della tensione a frequenza sottomultipla applicata alla griglia.

Con due triodi 846 R. C. A. a raffreddamento ad acqua, sotto l'azione di un campo magnetico di 300 gauss e con una tensione sincronizzante sulla griglia a frequenza $1/3$, egli ha ottenuto la potenza elevatissima di 115 watt sull'onda di 73 cm, con una spesa di 1200 watt (rendimento 9,5 %).

In figura 3 è riportato lo schema di un trasmettitore con tubi UX 852, a moltiplicatore e con campo magnetico, il quale dà 15 watt utili su onda di 70 cm. La modulazione è fatta per assorbi-

FIGURA 2.

Effetto "organizzante", di un campo magnetico parallelo al filamento: elettroni partiti con ritardi di fase $\alpha = 30^\circ, 60^\circ, 90^\circ \dots$, ritornano al catodo aggruppati in corrispondenza di $\alpha = 260^\circ$.

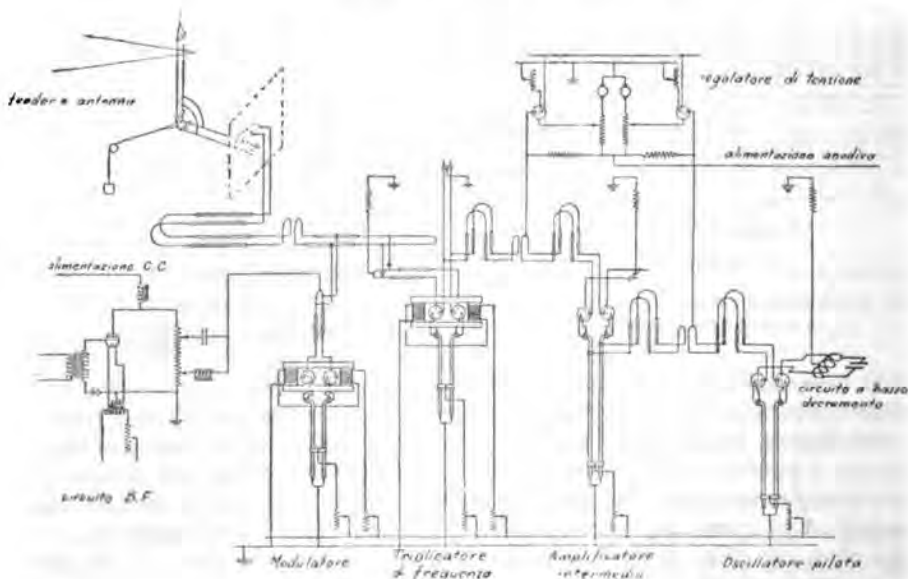
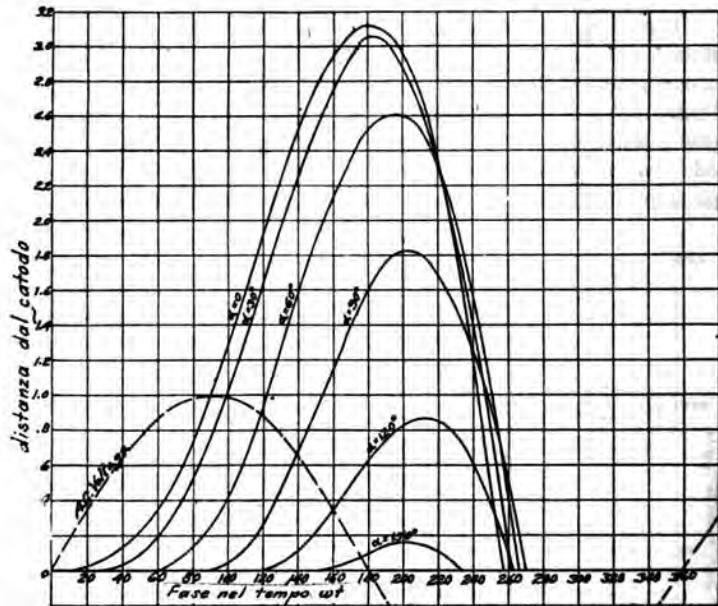


FIGURA 3.

Schema di un trasmettitore a microonde (70 cm) basato sul principio della moltiplicazione di frequenza con triodi a campo magnetico.

mento, con due triodi a campo magnetico derivati sul circuito di erogazione: per assorbire energia basta regolare il campo magnetico in modo che i gruppi di elettroni arrivino sempre in fase contraria a quella che occorre per la generazione, di guisa che i tubi funzionano da dissipatori di energia; la griglia controllo, che è comandata dall'amplificatore acustico, regola tale dissipazione modulando così l'ampiezza della corrente oscillante.

TABELLA N. 1.
Trasmissioni effettuate con microonde.

Frequenza in megacicli	Lunghezza d'onda in centimetri	Distanza (in km)	Altitudine (in metri)		Valore di m	Posizione delle stazioni	Sperimentatori
			a	b			
60	500	205	700	530	3,87	Nizza-Corsica	JOUAUST, FERRIÉ E MILAN
40	750	456	1462	0	1,1	Hawaii-Kauai	BEVERAGE E HANSELL
40	750	145	518	0	1,446	Kauai-Oahu	PETERSON, FIFIELD E MATTHEWS
44 61	682 492	446	1916	387	1,32	Empire State Building- Mount Washington	JONES
527	57	270	750	340	1,58	Rocca di Papa- Capo Figari	MARCONI E MATHIEU
527	57	85	750	0	— 3,0	Rocca di Papa- Nave Elettra	
430	70	90	304	51	2	Rocky Point- Empire State Building	LINDENBLAD, DOW, GEORGE E TREVOR
411	73	96,5	52	18	1,22	Rocky Point- Montauk Point	
406	74	180	70	116	1,16	Rocky Point- Arney's Mount	
406	74	105	70	65	1,43	Rocky Point- Atlantic Highlands	
406	74	274	70	2287	1,88	Rocky Point-aeroplano	

L'A. ha constatato che è relativamente facile trasmettere la corrente a radiofrequenza lungo linee obbligate, e ciò senza bisogno di isolarle: basta che le aste ed i fili metallici di sostegno siano accordati in modo da formare circuiti di arresto. Con tali "isolatori metallici", l'Autore ha potuto inviare l'acqua di raffreddamento alle placche dei tubi senza che energia sfuggisse a terra. Tutti i circuiti sintonizzati erano del tipo a "trombone", (ponte di Lecher allungabile).

Montando un complesso Barkhausen con gli stessi due tubi UX 852, l'A. aveva ottenuto un risultato inferiore: 6 watt utili con rendimento $2,4 \%$.

È interessante riportare la Tabella N. 1, che riassume i risultati ottenuti dai vari sperimentatori circa la portata ottenibile con trasmettitori a microonde. Il coefficiente m è il rapporto tra il raggio di curvatura della traiettoria percorsa dai segnali ed il raggio della Terra: siccome per la luce m è circa 5,7, risulta che le microonde seguono, in confronto dei raggi luminosi, percorsi notevolmente più curvi, mediamente corrispondenti ad $m = 1,5$; quindi esse giungono notevolmente al di là della portata ottica.

U. T.

* * *

Linee concentriche usate come terminali di antenne per onde ultracorte. W. C. TINUS - *Electronics*, agosto 1935.

In molti casi, per conciliare le rispettive esigenze di ordine teorico e pratico, si rende necessario di scegliere per l'antenna e per il relativo trasmettitore o ricevitore due posizioni differenti e alquanto distanti fra di loro. In questi casi il collegamento può venire effettuato mediante linee, che permettono di realizzare il trasporto dell'energia con un rendimento elevato.

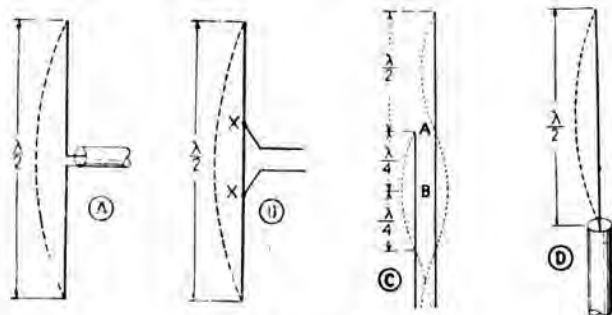


FIGURA 1.

antenna sarà la sommità di uno degli edifici centrali e più precisamente la cima dell'asta da bandiera che nella maggior parte di essi si trova.

Esaminiamo per primo il caso di un'antenna verticale avente la lunghezza di un quarto d'onda e posta in presenza di una terra conduttrice. Dall'analisi teorica risulta che l'impedenza dell'antenna misurata fra il suo punto più basso e la terra è una resistenza ohmica pura di 35 ohm circa. Perché l'energia venga trasmessa con un buon rendimento ed a potenziale uniforme, bisogna che la linea sia caricata alla estremità con una resistenza pura eguale alla sua impedenza caratteristica. È necessario quindi che la linea abbia una impedenza caratteristica uguale a 35 ohm, il che porta alla scelta di una linea concentrica, in quanto una linea a due fili possiede una impedenza caratteristica necessariamente maggiore.

Nella maggior parte dei casi però non è facile realizzare una terra conduttrice e conviene allora ricorrere ad antenne di mezza lunghezza d'onda. L'impedenza di queste antenne è ancora una resistenza pura ed assume al centro il valore di 70 ohm ed in un punto qualsiasi il valore di 70 diviso per il quadrato del rapporto fra i valori della corrente in quel punto e nel centro. Il collegamento si può effettuare anche in questo caso con una linea concentrica attaccata al centro dell'antenna (fig. 1-A) oppure con una linea a due fili collegata a shunt (fig. 1-B), il che permette di variare il carico alla estremità della linea e quindi di adoperare linee di diverse impedenze caratteristiche.

stiche. Le disposizioni *A* e *B* impongono però che le linee siano per un certo tratto perpendicolari all'antenna per evitare la distorsione del campo orizzontale, e questo non è facile da realizzare praticamente.

La disposizione in fig. 1-C evita questo inconveniente e permette di collegare la linea al piede dell'antenna. Nella fig. 1-C l'antenna viene collegata in *A* ad uno dei fili mentre l'altro estremo della linea rimane aperto. Nel punto *A* fra i due estremi si ha una resistenza di molte migliaia di ohm e quindi molte volte superiore alla impedenza caratteristica della linea; nella linea si generano perciò onde stazionarie che si propagano lungo di essa fino all'apparecchio.

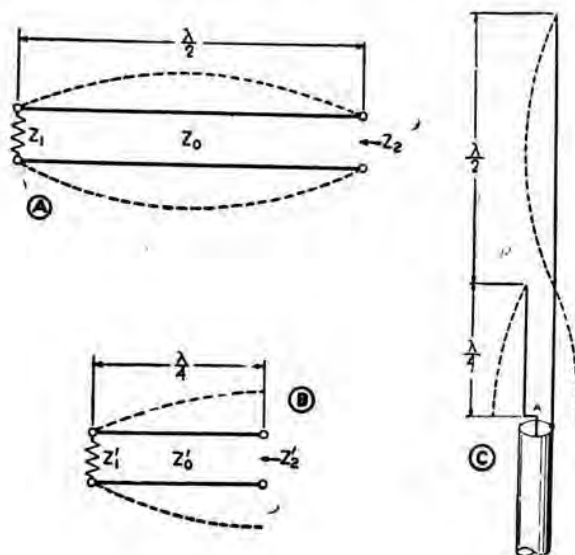


FIGURA 2.

Nella disposizione *D* analoga alla *C* si usa una linea concentrica, che presenta il vantaggio di essere autosostentatrice, ove si scelgano opportunamente i diametri dei tubi. La disposizione *C* e *D*, in cui le linee vengono effettivamente a funzionare da "feeder", sono praticamente limitate dalle forti perdite dielettriche dovute alla elevata differenza di potenziale esistente in alcuni punti di esse.

Un metodo più vantaggioso è basato sullo sfruttamento della proprietà di funzionare da trasformatori di impedenza, che possiedono tratti di linea di opportuna lunghezza. Così in fig. 2-A si vede che un tratto di mezza lunghezza d'onda possiede all'estremità di destra una impedenza Z_2 eguale alla impedenza Z_1 dell'estremità di sinistra. Per un tratto di un quarto di lunghezza d'onda invece (fig. 2-B) si ha $Z'_2 = \frac{Z_0'^2}{Z_1}$, il che ci dice che un tratto di linea di questa lunghezza funziona da trasformatore di impedenza a rapporto variabile con Z_0' .

Questo permette di ridurre la resistenza di molte migliaia di ohm, che si ha al piede dell'antenna, a soli 70 ohm, il che permette l'uso di una linea concentrica come è indicato in fig. 2-C.

La realizzazione di questi trasformatori di impedenza è limitata anche essa nella pratica da esigenze meccaniche, specialmente per frequenze relativamente basse, mentre si presta molto bene con opportuni accorgimenti costruttivi per le alte frequenze.

R. K.

CRONACA TECNICA

L'Esposizione Internazionale ed Universale di Bruxelles

A) — GENERALITÀ - PANORAMA DELLA MOSTRA.

L'Esposizione Universale ed Internazionale di Bruxelles (aprile-ottobre 1935), alla quale ho avuto l'onore di essere delegato del Ministero della Guerra al fine di compiere una visita al Palazzo della Scienza, è stata ideata fin dal 1930 dalle autorità cittadine di Liegi e di Anversa e poi per lungo tempo organizzata a cura della città di Bruxelles con il concorso di tutto lo Stato Belga, allo scopo di solennizzare il centenario della indipendenza del Belgio compiutasi intorno al 1830.

L'Esposizione, sorta sotto l'alto patronato delle LL. MM. i Sovrani del Belgio, rappresenta un quadro grandioso del progresso compiuto in tutti i campi del sapere dalla civiltà contemporanea. Essa è fra le più complete che abbiano avuto luogo in Europa dopo l'Esposizione Universale di Parigi del 1900, sia per la ricchezza dell'insieme di grandi costruzioni che ne costituiscono la sede, sia per la larga e rappresentativa partecipazione di tutti i principali Stati del Mondo (27 Stati partecipanti con oltre 140 padiglioni).

Per quanto all'Esposizione trovi posto l'universalità della produzione umana, tuttavia uno sviluppo più cospicuo è stato dato ad alcune specialità quali: i trasporti, allo scopo di celebrare il centenario della installazione delle ferrovie nel Belgio e nel continente; la colonizzazione, in occasione del 50° anniversario della creazione dello Stato indipendente del Congo Belga; l'elettricità, la fisica moderna, la biologia, l'astronomia, la cinematografia sonora, la televisione ecc.

È da notare che la zona destinata all'esposizione è stata scelta con il criterio di crearvi dopo il 1935 un nuovo quartiere della Capitale Belga; da ciò è derivato il carattere di stabilità che hanno ricevuto molte costruzioni e la sistemazione stradale.

Per non uscire dai limiti prefissi al presente scritto, il cui scopo è di dare un resoconto dal solo lato scientifico, eviterò di dare cenni di carattere generale e mi limiterò ad una descrizione sommaria dei principali padiglioni aventi attinenza col tema trattato dal Bollettino.

Ricorderò, solo di sfuggita: il *Gran Palazzo* (fig. 1), superba costruzione in cemento armato che, nel suo genere, è la più grande del mondo. Esso rappresenta nel suo complesso una stazione modello ed ha richiesto la soluzione e la realizzazione di ardui problemi che la tecnica costruttiva ha compiuto formando un potente esempio delle sue attuali capacità; il *padiglione dell'amministrazione postale e telegrafica Belga*, che ha scopi di volgarizzazione e propaganda tecnica e comprende un impianto modello in attività e una centrale automatica a 500 abbonati col sistema a cercatore, che è accessibile da ogni parte in modo da permettere l'ispezione e la verifica dei vari organi in funzione; il *Palazzo della Chimica*, che contiene lo « stand » di prodotti fotografici della Gevaert; il *Planetarium*, opera della casa Zeiss, simile a quelli esistenti a Milano e a Roma; il *Padiglione dell'Istituto Nazionale di Radiodiffusione Belga*, che comprende un impianto trasmittente per radiodiffusione e un Auditorium perfettamente isolato dal punto di vista acustico con accorgimenti simili a quelli già introdotti nello studio dell'E. I. A. R. di Roma; il *Padiglione della Elettricità*, nel quale sono raccolti impianti ed apparecchi elettrodomestici di vario genere; infine il *Padiglione della*

Televisione, installato dalla Società « Réseau Belge », in cui funziona a scopo divulgativo un completo impianto di televisione del tipo Barthélemy.

B — IL PALAZZO DELLA SCIENZA (ALBERTEUM).

I. — Origini, scopi e organizzazione dell'Alberteum.

Il *Palazzo della Scienza*, la visita del quale costituiva il mio compito principale all'Esposizione, vuol rappresentare una colossale opera di divulgazione intesa ad iniziare i visitatori della Mostra all'auspicata collaborazione fra scienza e industria. Di tale collaborazione fu convinto propugnatore il Re Alberto I del Belgio; ed è per rendere un degno omaggio alla Sua memoria che fu attuata la costruzione e l'organizzazione del Palazzo che da Lui prende il nome.

L'opera, che interessa una superficie di novemila metri quadrati, di cui 7500 di area scoperta, è divisa in tre piani: rez de chaussée, ammezzato, pianterreno.

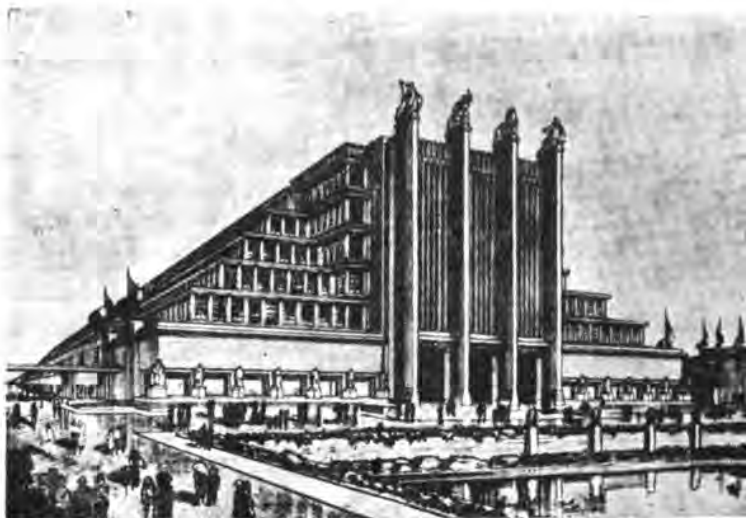


FIGURA 1. - Il Gran Palazzo.

In essi sono distribuite le varie sezioni tecnico-scientifiche del Palazzo. Grazie ai promotori ed al concorso delle più eminenti personalità scientifiche del paese, l'organizzazione è perfetta. L'Alberteum costituisce uno specchio vivente in cui si riflettono gli aspetti più nuovi della scienza. Il pubblico non è ivi in presenza di un museo freddo e senza vita di trovati scientifici. Esso, durante l'osservazione di esperimenti in atto, è assistito ed illuminato da valenti espositori che in forma brillante ed efficace l'avvincono al soggetto in questione e gliene rivelano le segrete bellezze.

Di questa superba realizzazione va tributato un plauso agli organizzatori per premiarli, in parte, dello sforzo da essi compiuto.

Da parte mia vada al Consiglio di Amministrazione del Palazzo della Scienza, ed in particolare all'Amministratore Delegato ing. Augusto Hubert, l'espressione della mia più sentita riconoscenza, sia per la cordiale accoglienza fattami, sia per gli opuscoli e le monografie che mi ha gentilmente fornito allo scopo di agevolare il mio compito.

II. — Sezioni varie concernenti le trasmissioni radio, quelle con filo e la fisica.

A) Società anonima internazionale di telegrafia senza fili. Il contributo della S. A. I. T. all'Alberteum ha un duplice aspetto: storico e applicativo. Nei riguardi del primo, l'importante società belga espone una collezione di apparecchi in parte forniti dal Kensington Museum di Londra ed in parte suoi, caratterizzando lo sviluppo della tecnica radioelettrica dalle sue origini ai nostri giorni. Degno di rilievo è il complesso trasmittente e ricevente utilizzato nel 1896 da Guglielmo Marconi nelle sue memorabili esperienze di Bologna, attraverso le quali fu creata la radiotelegrafia. Non mancano tuttavia esemplari di trasmettitori a scintilla impiegati dal 1900 in poi e fino a tutto il 1920, su vasta scala, nonché molti apparecchi riceventi a partire da quelli a semplice coherer e fino a quelli a tubi elettronici a più di tre elettrodi.



FIGURA 2.

Radiogoniometro Telefunken.

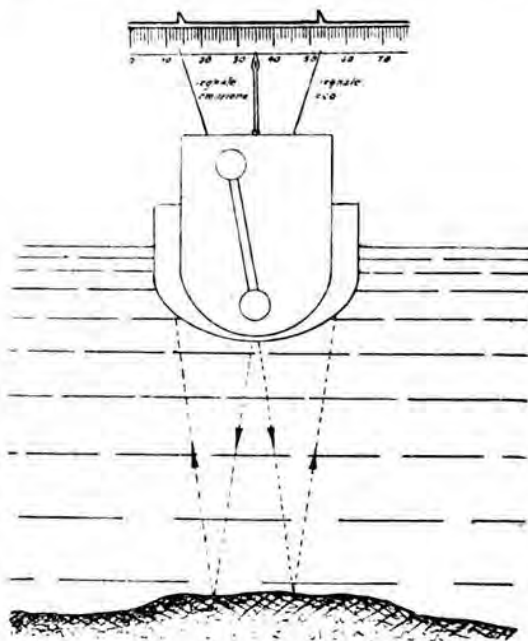


FIGURA 3.

Dispositivo per lo scandaglio ultrasonoro.

Nei riguardi del secondo, la S. A. I. T. espone:

a) Un trasmettitore di soccorso a scintilla smorzata tipo S. A. I. T. 42 n. 156 per vapori e navi di commercio, della potenza di circa 150 watt, funzionante sulle onde fisse di 600, 650, 705 e 800 metri. L'alimentazione è fatta con una batteria di accumulatori di grande capacità di soli 24 volt.

b) Un ricevitore normale a tre tubi elettronici atto a ricevere con cambiamento di bobine sulla gamma 100 - 20 000 metri. Tale ricevitore è munito di rivelatore a cristallo di riserva. La sensibilità non è elevata.

c) Il radiogoniometro E. 388 N n. 61320 della Telefunken, destinato a navi di piccolo tonnellaggio, costituito da un sol corpo contenente il quadro, il ricevitore propriamente detto, le batterie di alimentazione, il sistema di compensazione con antenna ausiliaria e quello di senso. La gamma è piuttosto estesa; essa va da 150 kHz a 725 kHz. La sensibilità è discreta, la precisione, per segnali relativamente intensi, è buona. Difatti esso permette di rilevare con l'incertezza di un grado i segnali aventi una intensità di circa 150 microvolt per metro.

Il radiogoniometro (fig. 2) E. 374 N N. 57878 pure della Telefunken destinato a navi da guerra ed a grossi transatlantici, rappresenta un modello molto perfezionato in quanto la Ditta, oltre ai miglioramenti elettrici, ha apportato, in questo apparecchio, dei sentiti miglioramenti meccanici. Le varie parti: telaio, ricevitore, disco graduato, sono razionalmente disposte in modo da ridurre al minimo gli errori dovuti alla disuniforme distribuzione delle masse metalliche nell'apparecchio stesso. A differenza dei tipi precedenti, questo apparecchio ha il disco graduato disposto sul pannello del ricevitore di modo che riesce assai più agevole il rilevamento sia della direzione sia del senso. La gamma va da 570 ÷ 1350 metri (327 ÷ 222 kHz). L'incertezza del rilevamento è contenuta in mezzo grado, la sensibilità è cospicua potendo l'apparecchio, sulla gamma più corta, rilevare utilmente campi la cui intensità si aggira intorno ai 10 microvolt per metro. La curva polare di calibrazione può essere direttamente applicata sul disco graduato dell'apparecchio.

d) Un posto trasmettente e ricevente per radiotelegrafia destinato a navi di piccolo tonnellaggio: tipo CV VI N. 50 ultimo modello. Il trasmettitore, con oscillatore pilota, funziona sulla gamma da 100 a 197 metri. La modulazione è del tipo Heysing. L'alimentazione è fatta con batterie di accumulatori (da 24 volt) e survoltore (24 ÷ 1000 volt) per le placche ed accumulatori da 6 volt per i filamenti. La potenza in gioco è di circa 50 watt. Il ricevitore è costituito da una doppia eterodina con tubi moderni schermati: esso può quindi consentire sia la ricezione dei segnali radiofonici sia quella dei segnali r. t. La gamma va da 80 a circa 1000 metri. Il complesso è collegato a scopo dimostrativo radiofonicamente con un analogo posto installato nel padiglione della collettività degli interessi marittimi.

Inoltre si osservano:

— Un dispositivo automatico di soccorso tipo S. F. R. (Chauveau), composto di un quadro indicante le posizioni successive della nave (longitudine e latitudine), un manipolatore automatico del segnale di inizio e di un trasmettitore vero e proprio.

— Un dispositivo di captazione automatico « Autoallarme » S. F. R. destinato alla ricezione dei segnali di soccorso lanciati dalla nave in pericolo.

— Un ondometro S. A. I. T. avente precisione 0,5 per mille con rivelatore separato a cristallo per la gamma 24000 kHz ÷ 5000 kHz (12,50 m ÷ 70 m).

— Un ondometro S. A. I. T. tipo 39 N. 3535 per la gamma 6000 ÷ 1500 kHz (200 ÷ 250 metri) diviso in sette gamme elementari avente la precisione di 0,2 per mille.

La Società ha provveduto a mantenere in funzione la maggior parte degli apparecchi descritti in guisa da provare la reale efficienza di essi e la bontà del loro funzionamento.

B) International Marine Sounding Device. Questa Società espone:

a) Un dispositivo didattico con giuoco di luci (fig. 3) caratterizzante in modo assai evidente il processo di scandaglio a mezzo di ultrasuoni e la successione delle diverse fasi del sondaggio, cioè l'emissione, la propagazione nell'acqua, la eco e la indicazione della profondità.

Per rendersi conto del funzionamento del dispositivo, è bene ricordare che nella tecnica corrente si indicano col nome di ultrasuoni delle vibrazioni elastiche ultraudibili, ossia delle oscillazioni di frequenza più elevata dei suoni percepibili dall'orecchio umano.

Tali vibrazioni si propagano nell'acqua del mare ad una velocità di circa 1500 metri al minuto secondo. Esse si riflettono come quelle sonore sugli ostacoli e presentano rispetto a queste il prezioso vantaggio di essere emesse e ricevute in modo direttivo e non sfericamente come avviene nei cercatori acustici ordinari (periteri comuni). Queste proprietà particolari hanno indotto Langevin e i suoi collaboratori a sfruttarle a scopo di sondaggio sottomarino. Le vibrazioni impresse all'acqua vengono originate da un proiettore piezoelettrico fisso allo scafo della nave. Questo proiettore, alimentato da un circuito elettrico speciale, produce, periodicamente, delle brevi emissioni ultrasonore dirette (nei tipi verticali) verso il fondo marino in forma di fascio conico di piccola apertura. Tali vibrazioni vengono riflesse dal fondo marino o dall'ostacolo, e tornano ad eccitare il proiettore, che è reversibile. La profondità si deduce in base al tempo di ricezione della eco, ossia del tempo che intercede fra l'emissione del segnale ed il suo ritorno al proiettore. La sua valutazione può essere fatta ad udito, personalmente dall'operatore, giovandosi di un cronometro di precisione

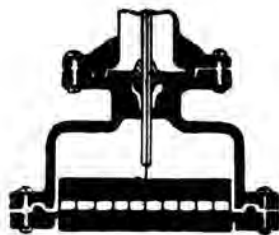


FIGURA 4 a).

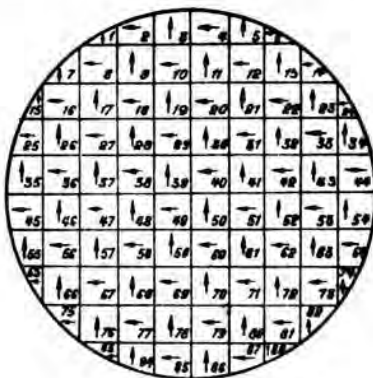


FIGURA 4 b).

Condensatore a quarzo per ultrasuoni.

oppure automaticamente con dispositivi particolari. In questo caso, a seconda dei tipi di apparecchi sondatori, la profondità si può dedurre dalla lettura di una scala graduata opportunamente illuminata, oppure a mezzo di un grafico.

b) Un complesso per sondaggio verticale ultrasonoro del tipo Langevin-Florisson ad « ecometro ». Esso è utilizzato dalle navi mercantili e da guerra per la verifica dei fondali durante la navigazione e dai bastimenti idrografici per i lavori di rilievo in media profondità. Alcuni esemplari sono stati acquistati, da qualche anno, dalla nostra Marina da Guerra e sono stati poi studiati dai suoi tecnici (1). Questo complesso consta essenzialmente di: un proiettore, un indicatore di eco (ecometro), una batteria di accumulatori da 4 volt, una batteria di pile a secco o di accumulatori da 80 volt ed eventualmente da un gruppo di carica. Il proiettore, di costruzione assai robusta in acciaio fuso, contiene il condensatore acciaio-quarzo-acciaio, o sandwich a mosaico (fig. 4), che emette verticalmente nell'acqua il segnale ultra sonoro (ordinariamente a 37.000 Hertz) e riceve poi l'eco rimandata dal fondo. Apposite guarnizioni garantiscono la tenuta stagna. Un cavo stagno ad alto isolamento partente da un capo dell'apparecchio eccitatore va direttamente alla piastra superiore isolata posta a contatto dell'aria,

(1) S. ROSANI. - *Alta Frequenza* 1934.

mentre l'altro capo, a mezzo della massa, è messo a contatto diretto con la piastra emittente. Il ricevitore è costituito da un normale amplificatore a tubi elettronici secondo lo schema resistenza e capacità, al quale è aggiunto uno stadio oscillatore per la rivelazione delle oscillazioni persistenti. Questo apparecchio è solitamente regolato in modo stabile e non richiede di conseguenza ritocchi di sorta. Generatore e ricevitore ultrasuoni sono racchiusi nella parte inferiore del cofano; l'analizzatore del tipo oscillografico è invece sistemato nella parte superiore. Questo apparecchio è costituito da un vero e proprio oscillografo magnetoelettrico, il cui specchio connesso alla bobina mobile devia sia per effetto del segnale emesso, sia per effetto della eco. Dall'intervallo che intercede fra le due deviazioni si deduce la profondità del fondo marino.

La potenza assorbita è di circa 20 watt. Le dimensioni d'ingombro sono assai ridotte ($35 \times 35 \times 75$ cm). Il peso è di circa 70 kg. La manovra è estremamente facile, sicché il personale di bordo può in breve tempo rendersi padrone del funzionamento completo dell'apparecchio. Il complesso funziona bene sino alla velocità di 30 nodi della nave. La profondità dello scandaglio può giungere oltre 1000 metri.

c) Un complesso dimostrativo delle principali proprietà degli ultrasuoni emessi nell'acqua. Questo complesso comprende una vasca in vetro contenente un piccolo proiettore piezoelettrico ad emissione orizzontale ed un pendolo a torsione. Il pendolo, per effetto della pressione dell'onda diretta, devia. Spostando il proiettore di pochi gradi, invece il pendolo torna nella sua posizione di equilibrio. Ciò prova la direttività delle onde ultrasuoni. L'oscillatore, destinato alla eccitazione del proiettore piezoelettrico sperimentale, è sistemato nel banco di posa della vasca di vetro e funziona alla frequenza di 500 000 Hertz. L'esperienza è veramente suggestiva.

d) Completano lo stand alcuni diagrammi dimostrativi del montaggio degli apparecchi a bordo dei battelli; la sezione di un proiettore piezoelettrico del tipo verticale ed un peritro (ecoscopio) destinato al sondaggio dei fiumi ed alla sorveglianza dei porti.

C) **Gabbia di Faraday.** Essa serve più che altro a provare come, producendo delle perturbazioni elettromagnetiche nel suo interno, queste non interessino lo spazio esterno e viceversa. In essa sono disposti degli apparati disturbatori (ventilatori) i quali senza il dispositivo antiparassita danno luogo a noiosi rumori su di un apparato ricevente in prova, mentre per effetto di tale dispositivo il disturbo risulta considerevolmente attenuato.

III. — Sezione della telefonia automatica.

Questa sezione è stata organizzata dalla Société Automatique Electrique de Belgique, Berken-Anversa (ATEA). Essa presenta:

a) La collezione storica del Rosenwald Science Museum di Chicago (1827-1927). In questa raccolta di apparati automatici si passa dal primo commutatore automatico, che Strowger fece brevettare quasi 50 anni or sono, a numerosi altri tipi, fino ad arrivare agli ultimi esemplari utilizzati nelle grandi centrali telefoniche moderne.

Tuttavia, da un attento ed oculato esame della collezione, si constata che il principio della commutazione di Strowger è rimasto invariato e che i perfezionamenti apportati, di anno in anno, agli apparecchi automatici, riguardano esclusivamente le loro caratteristiche meccaniche.

b) Un pannello dimostrativo per 50 abbonati, racchiuso in custodie di vetro, che disimpegna il servizio telefonico fra i vari stand dell'Albarteum e del Planetario. Questa piccola centrale automatica, costruita dalla Bell Telephone System Co. d'America, sfrutta anch'essa

il principio del commutatore di Strowger. Data la custodia in vetro, tutto il meccanismo di funzionamento della piccola centrale è chiaramente osservabile. Difatti, dal primo dei due posti installati nello stand riesce possibile seguire le differenti operazioni effettuate dai vari elementi del sistema, per stabilire ed interrompere la comunicazione con l'altro, cioè la scelta della linea richiesta, la prova di tale linea per assicurarsi che essa sia libera, la chiamata del posto richiesto, l'allacciamento vero e proprio della comunicazione, la registrazione della chiamata medesima e l'interruzione della comunicazione a discorso ultimato.

IV. — Sezione della fisica.

Questa sezione è stata organizzata da laboratori scientifici e da tecnici eminenti, sia belgi, sia stranieri. Essa comprende diversi banchi sperimentali, riguardanti: le radiazioni cosmiche, i raggi X e la radioattività; le scariche nei gas; i fenomeni luminosi; le oscillazioni elettriche, e fenomeni vari.

A) Radiazioni e radioattività. Sotto questo titolo sono raggruppate diverse esperienze di fisica moderna.

a) LA CAMERA DI WILSON NELLA VISIONE DEI RAGGI ALFA DEL POLONIO. L'esperienza è stata predisposta con molta cura dal prof. Stahel di Bruxelles. La camera di Wilson, come è noto, permette di osservare le singole traiettorie percorse dalle radiazioni emesse dai corpi radioattivi.

Il principio su cui riposa l'apparecchio, dovuto al fisico inglese Wilson, è in poche parole il seguente (2). Quando un elettrone o un atomo attraversa l'aria a grande velocità (ad es. raggi α o β), esso ionizza le molecole che urta, cioè produce ioni negativi (gli elettroni strappati alle molecole) e ioni positivi (i residui delle molecole stesse). Ora gli ioni hanno la proprietà di funzionare da centri di condensazione ove siano prodotti in un ambiente soprasaturo di vapore d'acqua. Sfruttando questa proprietà da lui scoperta, Wilson è riuscito a mettere in evidenza le traiettorie delle particelle costituenti una radiazione: esse rimangono caratterizzate appunto dalla formazione di una fila di minutissime goccioline d'acqua le quali si producono attorno agli ioni generati dalla particella. La soprasaturazione dell'ambiente si produce facendo subire un brusco aumento di volume ad un'atmosfera satura di vapore d'acqua; questo origina un raffreddamento dovuto alla espansione. Quindi il vapore saturo diviene soprasaturo e si condensa intorno agli ioni.

Nel caso in esame, il preparato radioattivo è il polonio, i cui raggi α disegnano delle traiettorie di qualche centimetro di lunghezza.

b) IL CONTATORE DI RADIAZIONE PER CONSTATARE LA RADIOATTIVITÀ IN UN CAMPIONE DI MATERIALE. L'esperienza è stata allestita dal Signor Max Cosyns della fondazione Mondiale Regina Elisabetta di Bruxelles ed ha lo scopo di mostrare la possibilità di distinguere e di contare singolarmente le quantità elementari di radiazione o *quanti* di energia.

Il contatore è del tipo universalmente noto sotto il nome di Geiger e Müller; esso è costituito da un tubo metallico, lungo l'asse del quale è teso un sottile filo pure metallico, sostenuto da tappi isolanti che chiudono il tubo. Nell'interno del tubo la pressione dell'aria è ridotta a circa 1/10 d'atmosfera e tra il tubo e il filo agisce una d. d. p. di circa 1000 volt mediante una batteria il cui polo positivo è congiunto al filo attraverso una forte resistenza. Al passaggio di un corpuscolo ionizzante, tra il tubo e il filo, si produce una scarica di breve

(2) Cfr. E. PERSICO. - Una finestra sul mondo atomico: La camera di Wilson. - *Atti della Società Italiana per il Progresso delle Scienze*. Vol. II, 1925, pag. 89 e seg.

durata che viene rivelata mediante un amplificatore e resa percettibile in un altoparlante sotto forma di crepitio. Il metodo permette di rivelare la presenza della centesima parte di un miliardesimo di milligrammo di radio, e delle quantità anche parecchi milioni di volte più piccole nel caso in cui si tratti di sostanze radioattive a decomposizione più rapida.

c) IL CONTATORE DI RAGGI COSMICI. L'esperienza, allestita pure dal sig. Max Cosyns, ha lo scopo di rivelare l'esistenza dei raggi cosmici e la loro direzione. Viene usato il noto « metodo delle coincidenze » (3). Si dispongono due o più contatori di Geiger e Müller uno di seguito all'altro. Quando un corpuscolo ionizzante li attraversa tutti e due, la scarica dei due contatori avviene simultaneamente, cioè si verifica una coincidenza. Ponendo uno schermo fra i due contatori, si può verificare l'assorbimento dei corpuscoli cosmici in base alla diminuzione del numero di coincidenze che si verifica. Risulta così che i corpuscoli cosmici di origine primaria possono attraversare parecchi metri di piombo.

Le coincidenze vengono, come di solito, rivelate dal crepitio di un altoparlante il quale entra in funzione solo nel caso della scarica simultanea dei due contatori.

d) L'ASSORBIMENTO DELLE EMANAZIONI DEL RADIO. Il prof. Stahel di Bruxelles ha predisposto l'esperienza dimostrativa dell'assorbimento da parte della materia dei raggi alfa, beta e gamma dei corpi radioattivi. Sapendo che i raggi alfa sono particelle di elio, i raggi beta degli elettroni, mentre i raggi gamma sono delle vere e proprie vibrazioni elettromagnetiche, si constata che i raggi alfa del radio vengono assorbiti da un sottile foglio di carta; i raggi beta invece passano, ed occorre per arrestarli un involucro almeno di un decimo di millimetro di metallo, mentre i raggi gamma riescono ad attraversare addirittura alcuni centimetri di involucro solido.

e) LA DOSIMETRIA DEI RAGGI X E DELLE RADIAZIONI RADIOATTIVE. Il laboratorio della « Société Nouvelle du Radium » di Gif (S e O) della Francia ha provveduto all'allestimento degli apparecchi destinati a tali misure, che hanno grande interesse per gli studiosi dell'elettromedicina.

I due apparecchi presentati dal suddetto laboratorio sono basati su principi diversi.

1) *Microelettroscopio Mallet-Danne e microcamera di ionizzazione*. L'apparecchiatura è basata sul principio seguente. Quando l'aria in un determinato ambiente, sottoposta alla influenza dei raggi Roentgen o a delle emissioni radioattive, si ionizza, perde gran parte delle sue qualità isolanti; perciò, se un condensatore ad aria, la cui armatura interna sia caricata preventivamente, viene sottoposta all'azione di tali raggi, essa si scarica, come è rivelato mediante un microelettroscopio. La rapidità della scarica è tanto più marcata per quanto più intensa è la radiazione agente. La misura dell'intensità delle radiazioni è quindi riportata alla valutazione della velocità di scarica del condensatore. Per fare delle misure abbastanza esatte vengono impiegati dei condensatori di piccolissime dimensioni (micro-camere).

2) *Radiometro di Mallet*. Quest'apparecchio sfrutta l'effetto prodotto dalle radiazioni X o radioattive sugli schermi fluorescenti (schermi radioscopici) i quali si illuminano quando sono colpiti da tali vibrazioni. La luce così prodotta eccita una cellula fotoelettrica posta in serie con un galvanometro sensibile. L'intensità della corrente attraversante il galvanometro risulta funzione della intensità delle radiazioni incidenti.

f) REGISTRATORE DEL POTENZIALE ATMOSFERICO. Lo stesso laboratorio della « Société Nouvelle du Radium » ha provveduto alla installazione di un « elettrometro registratore », il

(3) Cfr. B. ROSSI. - Le attuali conoscenze del fenomeno della radiazione cosmica. - *Atti della Società per il Progresso delle Scienze*. Vol. II, 1935, pagg. 102-109.

quale indica da istante a istante la differenza di potenziale intercedente fra un punto determinato dell'atmosfera e la terra.

La scelta della cosiddetta *presa di potenziale* è molto importante. S'impiega di preferenza una « presa di radio » o « sonda » la quale assume, rapidamente, il potenziale del cosiddetto « strato atmosferico ». L'elettrometro in questo caso è costituito da un ago mobile fra due superfici fisse mantenute rispettivamente ai potenziali $+V$ e $-V$. Quando l'ago è collegato, la presa di potenziale si trova soggetta a delle forze elettrostatiche di attrazione e di repulsione che lo fanno deviare. Le deviazioni subite dall'ago sono registrate su di una striscia di carta scorrevole; si riesce così a seguire le variazioni di potenziale rispetto al tempo (4).

Nell'esperienza in questione, una sfera metallica connessa ad un capo del secondario di un rocchetto di Ruhmkorff caratterizza la sorgente a potenziale piuttosto elevato. Avvicinando più o meno la sfera elettrizzata alla presa di potenziale dell'elettrometro, questa si pone rapidamente in contatto con gli strati atmosferici a diverso potenziale. La registrazione segue gli spostamenti suddetti e indica i diversi potenziali assunti dall'atmosfera.

g) LO SCINTILLOSCOPIO. Il laboratorio della suddetta « Société Nouvelle du Radium » ha provveduto ancora ad allestire una esperienza sullo scintilloscopio.

È chiamato scintilloscopio un dispositivo basato sul principio seguente. Quando le particelle emesse da una sostanza radioattiva incontrano uno schermo fosforescente al solfuro di zinco, producono uno scintillamento assai caratteristico; l'azione dello scintillamento su tale schermo implica un bombardamento corpuscolare e quindi una radioattività della sostanza che lo produce; ogni particella in gioco caratterizza il nucleo di un atomo di elio. In sostanza lo scintilloscopio materializza, in modo diretto e rapido, la presenza di nuclei atomici. L'osservazione dello scintillamento viene effettuata giovandosi di una lente biconvessa convenientemente regolata sullo schermo al solfuro di zinco.

B) Scarica nel gas.

a) DURATA DI SPEGNIMENTO DI UNA LAMPADA A SCARICA LUMINESCENTE. L'esperienza è stata predisposta dal laboratorio Philips. In presenza di due lampade a gas (una prima a mercurio a 250 volt, ed una seconda al sodio di 50 watt) gira un disco con due fenditure. La velocità del disco è tale che una fenditura passa 2980 volte al minuto primo innanzi a ciascuna lampada. La corrente alternativa di alimentazione a 50 Hz inverte la polarità dell'ampolla 3000 volte al minuto, cosicché la fessura risulta un pò in ritardo rispetto alla corrente. In tal modo riesce possibile seguire, ad un ritmo piuttosto lento, il cammino della scarica in ciascuna ampolla. Il tratto oscuro (periodo di oscurità) che è particolarmente evidente nella lampada al sodio, rappresenta l'intervallo in cui la corrente alternativa è nulla e durante il quale, di conseguenza, la lampada non emette alcuna luce. Gli elettrodi, che divengono alternativamente anodo e catodo, si riconoscono per il fatto che quello da anodo si riveste di una tenue nube luminescente assai caratteristica.

b) LUMINESCENZA IN UN TUBO AL NEON. Il detto tubo, che contiene del neon alla pressione di qualche centimetro di mercurio, è attraversato da una corrente di circa 1 microampere. A tale corrente corrisponde una concentrazione di elettroni e di ioni ancora così tenue da ritenere nulla la carica spaziale e quindi ancora uniforme il campo. Gli elettroni lasciano il catodo a basse velocità eccitando il neon e dopo aver superato la d. d. p. di 18,5 volt perdono la loro velocità ma sono di nuovo accelerati dal campo per cui eccitano ancora gli atomi che incontrano sul loro cammino fino a raggiungere lo strato successivo e così di

(4) Cfr. NEGRO. - L'elettricità atmosferica. - Hoepli, 1926.

seguito. In tal guisa, si producono diversi strati luminosi, molto evidenti, in prossimità del catodo, ma piuttosto velati nella contiguità dell'anodo. Questi strati caratterizzano delle superfici equipotenziali. La regione adiacente al catodo è sempre oscura.

C) Fenomeni luminosi. In questo paragrafo sono raggruppate diverse esperienze concernenti la diffrazione, l'interferenza, i moti browniani, le frange di Newton ecc. delle quali si farà un cenno sommario essendo ben note dai corsi di ottica ed in parte realizzate presso il nostro Istituto militare superiore delle trasmissioni a corredo delle cinque conferenze, teorico-sperimentali, tenute dal sig. Ten. Gen. Guasco ai professori delle scuole e degli Istituti industriali del Regno sulla « Utilizzazione delle radiazioni visibili ed oscure dello spettro nella trasmissione della parola a distanza » (5).

a) FENOMENI DI DIFFRAZIONE E DI INTERFERENZA DELLA LUCE. Due raggi di luce della stessa lunghezza d'onda (aventi cioè esattamente il medesimo colore) si possono rinforzare o distruggere mutuamente. Il prof. Moens dell'Università di Gand, ha disposto l'esperienza nel modo seguente: una sorgente luminosa S (fig. 5) rischiarava vivamente la fenditura F praticata nello schermo E . Tale fenditura diviene, a sua volta, una sorgente luminosa che emette delle radiazioni in tutte le direzioni in guisa che le due fenditure F_1 ed F_2 dello schermo E' ricevono una parte di tali radiazioni. Esse diventano, a loro volta, due nuove sorgenti luminose che emettono per proprio conto.

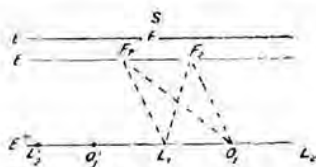


FIGURA 5. - Diffrazione della luce.

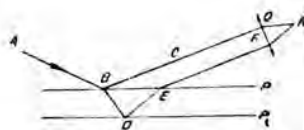


FIGURA 6. - Frange di Newton.

In un punto L_1 , posto ad eguale distanza da F_1 e da F_2 , questi raggi arrivano nello stesso tempo, cioè in sincronismo, per cui sommano i loro effetti. Si ha così un rinforzo di luce.

Al contrario, nei punti O_1 ed O'_1 in cui il raggio emesso da F_2 arriva prima di quello emesso da F_1 e cioè con un anticipo di mezzo periodo, si ha oscurità, essendovi perfetta opposizione di fase. Nel punto L_2 in cui il secondo raggio arriva con un ritardo di un periodo si ha di nuovo un rinforzo di luce essendovi concordanza di fase. Lo stesso avviene per L'_2 . Sullo schermo E'' in vetro smerigliato, si osservano, alternativamente, delle frange di luce e delle frange di oscurità, cioè le cosiddette « frange di interferenza ».

b) IL MOTO BROWNIANO. A cura dello stesso prof. Moens è stata allestita la esperienza relativa al moto Browniano. L'ottica insegna che un raggio luminoso nell'attraversare lo spazio oscuro diviene visibile quando v'incontra una nube, anche leggerissima di polvere, molto sottile.

Questo effetto è originato dal fatto che particelle estremamente tenui di polvere riflettono in tutte le direzioni una parte della luce incidente e divengono così dei veri e propri punti luminosi; ciò costituisce un aspetto del ben noto fenomeno di diffrazione. Similmente, se si illuminano lateralmente degli oggetti microscopici in sospensione entro un liquido, essi

(5) Cfr. G. GUASCO. - Utilizzazione ecc. - Boll. R. T. del R. E. nn. 1, 2, 3 del 1933.

divengono delle vere e proprie sorgenti di luce diffratta. Nel caso in esame i corpuscoli in sospensione sono delle tenui particelle di guttaperca; il liquido è una soluzione colloidale. Tali particelle osservate al microscopio appaiono come tanti punti brillanti su di uno sfondo nero. Essi si muovono disordinatamente. L'origine del loro movimento è dovuta all'urto che subiscono da parte delle molecole invisibili della soluzione; il cambiamento brusco di direzione delle suddette particelle luminose è dovuto ad una di tali collisioni. Lo studio sistematico di questo movimento ha permesso in fisica molecolare molte valutazioni assai importanti (n. delle molecole, dimensioni, velocità, massa, ecc.). Il microscopio impiegato dal prof. Moens permette di proiettare il fenomeno su di uno schermo, di guisa che è possibile l'osservazione contemporanea da parte di più osservatori.

c) FRANGE DI NEWTON. Lo stesso prof. Moens ha curato l'esperienza relativa alle frange di Newton. Essa è basata sul fenomeno della interferenza della luce. Se si fa cadere un raggio di luce AB su di una lamina sottile a facce parallele PP_1 (fig. 6), il raggio stesso si sdoppia in due; l'uno secondo il percorso ABC , l'altro secondo il percorso $ABDEF$.

È chiaro che essi non arrivano nello stesso tempo sul piano Q . Quando si riuniscono in una lente (o nell'occhio) e quando si fanno convergere in un medesimo punto R , possono, secondo i casi, annullarsi o sommarsi. Se si invia un fascio di raggi come AB in una lamina sottile, alcuni danno rinforzo, altri oscurità. Guardando verso la lamina sottile la immagine della sorgente luminosa rispetto alla lamina considerata come specchio, si vedono apparire delle zone chiare e delle zone oscure, o meglio un sistema di frange chiare alternate da frange oscure. La lamina sottile è costituita da un tenue strato d'aria racchiuso fra due pezzi di cristallo applicati l'uno contro l'altro. Nel caso in questione la sorgente di luce è costituita da un arco al sodio.

Serrando tali due pezzi di cristallo l'uno su l'altro, varia lo spessore dello strato di aria e viene così a modificarsi il sistema di frange.

d) FOTOGRAFIA A COLORI. L'apparecchio dimostrativo esposto da F. HERGER-GILBERT e A. CALLIER è formato da una triplice lanterna a tre lampade con tre obbiettivi ciascuno dei quali è provvisto di uno schermo corrispondente a quello della diapositiva. Le tre lanterne si possono accendere premendo su tre interruttori appositamente numerati: 1, 2, e 3.

Le lampade danno luogo a tre luci diverse: la 1) dà luce rossa; la 2) verde; la 3) bleu. Chiudendo contemporaneamente gli interruttori 1) e 2) si otterrà una immagine bicolore costituita dalla selezione rossa sommata alla selezione verde. Per alcuni oggetti rossi o verdi puri, la riproduzione è esatta; per ottenere la riproduzione perfetta di un oggetto policromo o di un paesaggio, occorre anche il bleu. È opportuno osservare che le diapositive delle selezioni rosse, verdi o bleu devono essere esattamente sovrapponibili, devono avere cioè le stesse dimensioni e devono essere prese lungo il medesimo asse ottico.

Questo procedimento si presta bene al rilievo di soggetti fermi. Per soggetti in moto il problema è più complicato. Molti brevetti sono stati presi, ma nessuno, in realtà, risolve il problema della riproduzione esatta delle figure e dei paesaggi a colori in modo soddisfacente. La tecnica moderna si orienta verso la tetracromia di HERING, il quale impiega il rosso, il verde-bleu, il giallo spettrale, ed infine il bleu puro. Senza dubbio la tetracromia fornirà risultati migliori della tricromia e sarà più facilmente applicabile alla cinematografia a colori.

e) APPARECCHIO DIMOSTRATIVO DELLA STROBOSCOPIA. Questo apparecchio è stato realizzato dal laboratorio di fisica della Scuola Militare Belga, con l'impiego di due lampade a gas: una rossa ed una verde. In un primo tempo la lampada rossa, che è permanentemente accesa, viene messa in movimento di rotazione uniforme e si osserva un tratto luminoso

continuo a forma di cerchio. In un secondo tempo essa viene tenuta in moto uniforme ma viene accesa solo per il breve istante in cui passa per la verticale superiore. Si osserva, in tal caso, la lampada nell'apparente stato di riposo. Questa illusione caratterizza l'effetto stroboscopico nella sua forma più semplice.

La lampada verde, invece, pur rotando con moto uniforme circolarmente, si accende dopo un tempo leggermente inferiore alla durata completa di rotazione. Sembra, in tal caso, allo osservatore che la lampada stessa si sposti lentamente nel verso opposto a quello reale. Una rotazione lenta, nel verso stesso del moto della lampada, si otterrebbe accendendola dopo un tempo leggermente superiore alla durata di rotazione.

f) MOVIMENTO DEL CONO DI UN ALTOPARLANTE. Una interessante applicazione del metodo stroboscopico sopra descritto è quella presentata dal prof. E. GILLON della Università di Louvain. Essa caratterizza il comportamento del cono di un altoparlante. Il movimento di tale cono può, come è noto, raggiungere anche frequenze dell'ordine di 12 000 Hz.

Nel caso della esperienza, l'altoparlante è alimentato dalla corrente stradale a 50 Hz e viene illuminato da un tubo a vapore di mercurio a luce tenue eccitato a frequenza prossima a 50 Hz. In tali condizioni riesce possibile osservare sia lo spostamento del cono, sia le deformazioni del suo orlo esterno, sia infine il movimento della parte centrale di fissaggio.

g) NUMERAZIONE FOTOELETTRICA. Tale numerazione o computo avviene nel seguente modo illustrato dal laboratorio della Philips. Un raggio luminoso emesso da una lampada elettrica (opportunamente schermato nel caso di sbarramenti) agisce su di una cellula fotoelettrica ed origina una corrente elettrica di intensità costante che attraversa un apposito relais. Intercettando con un oggetto, ovvero col passaggio di una persona, il percorso del raggio, si viene ad interrompere il passaggio della corrente; ciò che provoca la messa in tensione di un secondo relais che aziona a sua volta un contatore ad impulsi. Di qui l'applicazione dell'apparato alle segnalazioni più svariate.

h) SEGNALE DI ACQUE TORBIDE. Per questo apparato il laboratorio della « Société Nouvelle du Radium » impiega una cellula a effetto rettificatore del tipo rame-ossido di rame. Quando un fascio luminoso cade sulla faccia anteriore della cellula ricoperta da un elettrodo trasparente, si produce, tra questo elettrodo e il rame, una d. d. p. apprezzabile, atta, in ogni caso, ad azionare un relais sensibile.

L'indicatore di acqua torbida comprende, essenzialmente, una vasca cilindrica in cui circola una corrente di acqua limpida la quale scorre entro un tubo di vetro. Nella vasca si può introdurre qualche sostanza colorante. Un fascio luminoso, nell'attraversare la vasca, eccita una cellula fotoelettrica, la quale invia una corrente in un relais; nell'istante in cui l'acqua si intorbida per effetto della sostanza colorante introdottavi, la corrente fotoelettrica si attenua e mette in funzione il relais che chiude il circuito di due lampadine avvisatrici o di allarme.

Successivamente, a misura che l'acqua della vasca si rischiarà, la corrente fotoelettrica assume un valore più cospicuo, il relais apre il circuito e le lampade di spia si spengono di nuovo.

i) SIRENA FOTOELETTRICA. Con l'impiego di una cellula fotoelettrica il laboratorio di fisica della Scuola militare belga ha realizzato la cosiddetta sirena fotoelettrica.

Essa consta, essenzialmente, di un complesso costituito da una cellula fotoelettrica investita da un fascio di luce bianca; la cellula è connessa ad un amplificatore e l'uscita di questo va ad un altoparlante. Un disco forato, rotando tra la sorgente di luce e la cellula, interrompe il flusso luminoso con una frequenza, ben determinata, di valore fonico.

L'altezza del suono, come nelle sirene meccaniche, è funzione del numero delle interruzioni del fascio; il timbro dipende dalla legge di variazione del flusso luminoso sulla cellula.

Basta, quindi, far variare la velocità di rotazione del disco per variare l'altezza del suono, ed utilizzare dei fori quadrati o circolari per ottenere una modificazione del timbro.

1) LA FOTOTELEFONIA A RAGGI VISIBILI ED OSCURI. Il principio su cui riposa l'apparecchio allestito dal prof. MOENS è il seguente:

La corrente modulata prodotta da un microfono innanzi al quale si parla, oppure da un pick-up, viene amplificata da un adatto amplificatore (classe A).

La corrente amplificata viene addotta ad una lampada ad incandescenza il cui filamento è portato al rosso scuro per mezzo di una batteria di accumulatori separati. Le variazioni di corrente producono delle variazioni di intensità luminosa, che reggono fedelmente la modulazione senza risentire danno alcuno dall'inerzia termica del filamento, data la bassissima frequenza di modulazione (come si era creduto nei primi esperimenti di fototelegrafia in Italia (6) ed all'estero).

La lampada ad incandescenza è sistemata nel fuoco di uno specchio parabolico, allo scopo di ottenere un fascio di raggi paralleli. Tale fascio è raccolto da un secondo specchio parabolico che lo concentra nel fuoco, ove un sistema di lenti lo dirige su di una cellula fotoelettrica. Questa trasforma le variazioni di intensità luminosa in variazioni di corrente elettrica, le quali, amplificate opportunamente, vengono poi inviate all'altoparlante rivelatore.

L'esperienza ha presso di noi una realizzazione concreta negli apparecchi fotofonici militari di ultimo tipo « Raffaelli - Tanferna ».

D) Oscillazioni elettriche. Nel presente paragrafo sono raggruppate alcune interessanti esperienze concernenti le oscillazioni radioelettriche a bassa e ad alta frequenza, quelle di rilassazione, la riflessione e la rifrazione nello strato di Heaviside, la pupinizzazione delle linee ecc.

a) CONDIZIONI DI INNESCO DI UN OSCILLATORE. Per mettere in evidenza l'innesco delle oscillazioni radioelettriche il Prof. MOENS ha realizzato un oscillatore a b. f. seguendo lo schema classico di MEISSNER. Nel circuito di placca di un triodo di potenza, ha inserito una grande induttanza (a sezione circolare di circa un metro di diametro) in parallelo con un condensatore di grande capacità. Nel circuito di griglia del tubo ha inserito un'altra grande induttanza, che può girare nell'interno della prima, mossa da un ingranaggio a catena con manovella, analogo a quello delle biciclette. Ruotando l'induttanza di griglia, la mutua induzione tra i due avvolgimenti può variare fra due valori eguali e di segno opposto.

In corrispondenza di un valore e di un segno determinato di tale mutua induzione (limite di innesco) si stabiliscono le oscillazioni: il che comporta una variazione brusca della corrente di placca (letta sul milliamperometro inserito in detto circuito) ed un suono continuo prodotto da un altoparlante disposto nel circuito di placca medesimo.

b) INNESCO PER EFFETTO LARSEN (REAZIONE ACUSTICA). In un apparato amplificatore della voce si generano spontaneamente dei sibili quando i suoni che escono dall'altoparlante riescono ad agire sul microfono con sufficiente intensità. Pertanto, l'energia messa in gioco percorre indefinitamente un circuito chiuso, nel quale permane se l'amplificazione prodotta dall'amplificatore è così cospicua da compensare tutte le attenuazioni del restante circuito.

Nel banco sperimentale montato dal prof. MOENS si può constatare che lo smorzamento del sibilo non si produce portando al minimo il potenziometro del microfono, ma spostandolo verso il massimo.

c) INNESCO FOTOELETTRICO. Analogamente alla reazione acustica si può produrre una reazione fotoelettrica. Il prof. MOENS ha predisposto l'esperienza nel modo seguente. Una cellula fotoelettrica, sensibile alla luce bianca, sotto l'azione di una lampada elettrica, interrompe il circuito

(6) Cfr. C. MICHELETTA. - Le applicazioni militari della cellula fotoelettrica. - *Rivista Artiglieria e Genio*, 1929.

di alimentazione di questa, il quale è posto in serie con un relais. La cellula, di conseguenza, non è più rischiarata ed il relais richiude il circuito della lampada elettrica. Si ottengono così delle oscillazioni luminose che dipendono essenzialmente dalle caratteristiche elettromeccaniche del relais impiegato.

d) **OSCILLATORE A BASSISSIMA FREQUENZA.** Esso è dovuto al già citato prof. MOENS. Nei circuiti di placca e di griglia di un triodo di potenza sono inserite due induttanze a cospicuo numero di spire avvolte convenientemente sullo stesso nucleo magnetico. In parallelo alla bobina di placca è collegato un condensatore di grandissima capacità. Si hanno così delle oscillazioni di grandissima lunghezza d'onda (circa $3 \cdot 10^7$ m.). Sullo stesso nucleo è sistemato un terzo avvolgimento nel quale il campo magnetico variabile induce una f. e. m. della stessa frequenza delle oscillazioni generate. Tale f. e. m., essendo l'avvolgimento chiuso su di un milliamperometro a zero centrale, origina una corrente variabile per cui l'ago dello strumento oscilla lentamente da una parte e dall'altra

della posizione di equilibrio secondo il ritmo della corrente indotta. Si può variare il periodo delle oscillazioni generate, cambiando il valore delle induttanze, ed in particolare agendo sulla magnetizzazione del nucleo di ferro dolce. A tale scopo, nel terzo avvolgimento, si fa circolare una corrente continua (la quale si sovrappone a quella alternativa) e se ne varia l'intensità manovrando l'apposito reostato di regolazione. In corrispondenza di una posizione ben determinata del cursore di questo reostato la magnetizzazione del nucleo e di conseguenza i valori delle induttanze e il periodo di oscillazione, raggiungono un massimo.

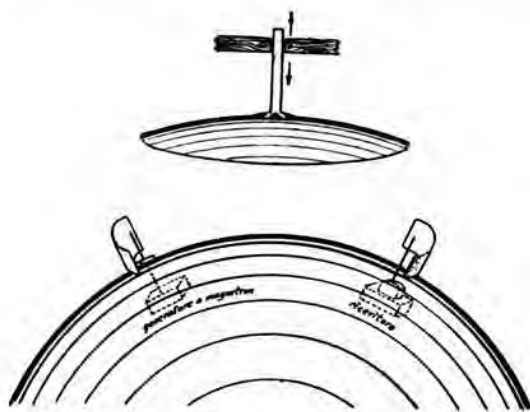


FIGURA 7. - Apparecchio per effetti di eco (fading).

e) **OSCILLAZIONI DI RELASSAZIONE.** Il prof. DIVOIRE, direttore del laboratorio di radioelettricità della Università libera di Bruxelles, ha predisposto sia la esperienza vera e propria, sia l'analogia idraulica delle oscillazioni di rilassazione studiate da VAN DER POL ed ora assai sfruttate nella tecnica oscillografica.

Come è noto, se si pone in parallelo ad un condensatore, inserito in un circuito di carica, una lampada al neon, accade che, quando la d. d. p. fra le due armature del condensatore ha raggiunto un valore superiore al voltaggio disruptivo della lampada, si stabilisce il regime di scarica della capacità: la lampada fa un corto circuito per cui la d. d. p. ai capi del condensatore si annulla e la lampada stessa, conseguentemente, si spegne.

Il condensatore può di nuovo caricarsi, finchè la sua d. d. p. sia sufficiente a provocare una nuova scarica attraverso la lampada. Si producono così delle oscillazioni caratteristiche, dette appunto di rilassazione, delle quali si può modificare la frequenza facendo variare la capacità del condensatore.

Un sifone di vetro, connesso nella parte inferiore di un serbatoio, che si riempie in permanenza, costituisce l'analogia idraulica del fenomeno: si ha, alternativamente, l'adescamento del sifone, fino allo svuotamento del serbatoio e poi il disadescamento fino a che il livello dell'acqua non sia salito sufficientemente per dar luogo a nuovo adescamento del sifone e così via.

f) FENOMENI DI RIFLESSIONE E DI RIFRAZIONE DELLE ONDE E. M. - RIFRAZIONE NEI MEZZI IONIZZATI - EVANESCENZA - ECO. L'apparecchio dimostrativo è stato realizzato dall'ing. Megaw della Marconi's Wireless and Osram Valve Laboratories, e presentato dal prof. Divoire.

Prima di passare alla descrizione dell'interessantissimo apparecchio è bene premettere qualche richiamo esplicativo. Come è noto, la propagazione delle onde e. m. è soggetta a dei fenomeni analoghi a quelli che si verificano nella propagazione delle onde luminose e sonore: riflessione e diffrazione in presenza degli ostacoli; rifrazione quando il mezzo attraversato cambia di densità. Per ottenere tali effetti con un modello di dimensioni ridotte, bisogna ricorrere a delle onde ultracorte o microonde, cioè dell'ordine di qualche centimetro. Pertanto, l'apparecchio dimostrativo presentato e riprodotto schematicamente nella fig. 7 comporta: una calotta conduttrice rappresentante la superficie della terra; un'antenna di emissione, alta appena qualche centimetro, provvista di riflettore metallico mobile ed eccitata da un magnetron (tubo elettronico soggetto ad un campo magnetico); un'antenna di ricezione analoga, provvista di un rivelatore, di un amplificatore e di un altoparlante. Con tale dispositivo possono essere riprodotti i seguenti fenomeni.

1°) attenuazione del segnale trasmesso quando si accresce la distanza tra il trasmettitore ed il ricevitore;

2°) persistenza del segnale, anche quando l'antenna ricevente scompare all'orizzonte dell'antenna trasmittente, grazie al fenomeno di diffrazione lungo la superficie conduttrice terrestre;

3°) effetto di riflessione e di schermo quando degli oggetti conduttori vengono interposti fra le antenne;

4°) effetti di interferenza fra il raggio diretto trasmesso lungo la crosta terrestre ed il raggio indiretto, irradiato prima verso l'alto e poi riflesso da uno strato conduttore molto elevato (costituito da una placca metallica mobile) caratterizzante la ionosfera e la zona di Kennelly-Heaviside;

5°) fading dovuto al fatto che al tramonto del sole la ionizzazione di questa zona si modifica e si rendono manifesti dei fenomeni di riflessione inapprezzabili in pieno giorno. Ne conseguono dei rinforzi e degli indebolimenti del segnale diretto. Il fenomeno si ottiene spostando verso l'alto la piastra metallica.

g) RAPPRESENTAZIONE, PER ANALOGIA SONORA, DELLO STRATO KENNELLY-HEAVISIDE. L'esperienza ormai trentacinquennale prova che due stazioni radioelettriche, benchè separate dalla curvatura terrestre, possono comunicare fra loro con onde relativamente lunghe, cioè più grandi di 1000 metri, poichè la diffrazione permette alle onde stesse di contornare l'ostacolo costituito dalla curvatura terrestre, senza perdere troppo della loro energia.

Con onde corte, cioè minori di 100 metri, la propagazione, per raggio diretto o radente, comporta una considerevole perdita di energia e la distanza raggiunta non oltrepassa di molto l'orizzonte visibile.

Per spiegare le enormi portate, Kennelly ed Heaviside, fin dal 1902, pensarono all'esistenza di uno strato ionizzato, dovuto probabilmente all'attività solare, la cui altezza media si aggira intorno ai 100 km. Questo strato, comportandosi come uno specchio, rifletterebbe le onde. Il suolo relativamente buon conduttore, agirebbe allo stesso modo. Si comprende perciò come un'onda diretta obliquamente verso l'alto, possa avanzare fra due superfici conduttrici subendo delle riflessioni successive.

Siccome in questo caso la frazione di traiettoria del raggio prossima al suolo è molto ridotta, le attenuazioni energetiche complessive sono deboli e le portate vengono accresciute in maniera cospicua. Evidentemente, il fenomeno nella realtà è più complesso. La superficie ionizzata riflettente non è costante nè nel tempo nè nello spazio. Una serie di riflessioni favorevoli alla ricezione dei segnali può essere succeduta da una serie del tutto sfavorevole. Di più (e ciò per le onde comprese fra 200 e 600 metri) il raggio diretto e quello riflesso possono coesistere. Essi, quindi, possono in-

terferire, rinforzandosi ed annullandosi in maniera variabile col tempo. Appare di conseguenza il fenomeno della evanescenza o « fading ».

L'apparecchio dimostrativo di carattere elettroacustico, realizzato dal Radio Research Laboratory di Slough e presentato dal laboratorio di fisica della Scuola Militare Belga, permette di riprodurre, in scala ridotta, i fenomeni innanzi esposti.

Un altoparlante convenientemente eccitato (fig. 8) lancia dei brevi segnali; esso altoparlante rappresenta il trasmettitore; un microfono capta l'onda sonora diretta la quale, dopo opportuna



FIGURA 8. - Strato di Heaviside.

amplificazione, va ad agire su di una coppia di placche di un oscillografo a raggi catodici e traccia sullo schermo fluorescente di questo una linea verticale. Una frazione di secondo dopo il complesso riceve la eco dovuta ad una armatura metallica riflettente che, nell'analogia, vuol rappresentare lo strato ionizzato. Con un semplice processo di taratura, si riesce a misurare facilmente il tempo che separa le due registrazioni. Tale tempo, moltiplicato per la velocità di propagazione del suono nell'aria, pari a circa 340 m/sec, fornisce indirettamente la differenza di cammino in più percorso dal raggio indiretto in confronto di quello diretto e quindi, con un calcolo molto elementare, l'altezza dell'armatura riflettente al disopra dell'altoparlante (trasmettitore).

Con questo criterio si determina attualmente (metodo di Breit e Tuve) l'altezza dello strato di Kennelly-Heaviside per mezzo delle onde e. m. (7).

Giovandosi di uno schermo ausiliario, si possono originare due onde riflesse percorrenti

due vie diverse tali da giungere in opposizione di fase innanzi al microfono captatore. L'oscillografo catodico mostra, in tal caso, la neutralizzazione delle due onde che caratterizza il fenomeno della evanescenza. L'apparecchio permette pure di riprodurre, per analogia, altri fenomeni come le frangie dell'interferenza ecc., nonché di mostrare l'esistenza delle zone di silenzio.

h) LE BANDE LATERALI DI MODULAZIONE. L'onda modulata di un trasmettitore telefonico può essere considerata come un insieme di più onde di differenti frequenze, oppure, seguendo l'espressione comune, come una banda di lunghezze d'onda, cioè (secondo la legge di composizione delle oscillazioni periodiche) la frequenza musicale f si aggiunge e si sottrae dalla frequenza F . L'onda modulata si compone quindi delle due oscillazioni di frequenza $(F + f)$ e $(F - f)$. Per dimostrare l'esistenza reale di queste due frequenze satelliti, il professor Moens ha predisposto l'esperienza che segue.

Si modula una corrente a bassa frequenza (p. es. di 50 Hz) facendo variare la sua intensità regolarmente, una o più volte per minuto secondo. L'interruzione si provoca facendo girare un disco con settore metallico intercambiabile, sul contorno del quale si appoggia il contatto che stabilisce e interrompe il passaggio della corrente alternata, una, due o quattro volte per minuto secondo.

(7) IVO RANZI - *Nuovo cimento*, 1931, pag. 258.

Si hanno quindi, in corrispondenza del settore impiegato, le correnti di frequenza $50 + 1 = 50$ e $50 - 1 = 49$, oppure $50 + 2 = 52$ e $50 - 2 = 48$, oppure $50 + 4 = 54$ e $50 - 4 = 46$. Queste correnti vengono inviate in un frequenzimetro ordinario della gamma $40 \div 60$ Hz, il quale le rivela e mostra chiaramente la loro esistenza.

Così, quando un'onda persistente viene modulata da una frequenza musicale essa origina due altre onde simmetricamente disposte intorno all'onda portante e le cui frequenze differiscono da quelle dell'onda portante per la frequenza musicale della modulazione. Se, come avviene nella trasmissione della musica, l'onda portante è modulata, non da una sola frequenza musicale, ma da tutta una banda di frequenze udibili, che si estende da 20 a 12000 periodi per secondo, si formano, intorno all'onda portante, delle bande di lunghezze d'onda chiamate « bande laterali di modulazione ».

Ogni posto di emissione radiofonica utilizza due regioni abbastanza estese della gamma di frequenze hertziane.

1) **OSCILLOGRAMMA DELLA VOCE.** Il banco sperimentale allestito dal prof. Moens rende visibili le oscillazioni della voce. In esso, un microfono ordinario a carbone, innanzi al quale si parla, trasforma le oscillazioni acustiche in correnti elettriche variabili le quali, dopo conveniente amplificazione (amplificatore di classe A) vanno ad agire sull'equipaggio mobile di un oscillografo magneto-elettrico del tipo Blondel. Il raggio riflesso dal suo specchio disegna su di uno schermo apposto la curva di modulazione della voce.

2) **ESPERIENZA DIMOSTRATIVA DEL PRINCIPIO DELLA PUPINIZZAZIONE DELLE LINEE TELEFONICHE.** La teoria della propagazione delle correnti telefoniche lungo le linee mostra, tra l'altro, che per diminuire l'attenuazione bisogna aumentare l'induttanza chilometrica della linea stessa. Il dott. Pupin dimostrò che bastava intercalare delle induttanze sotto forma di piccole bobine con nucleo di ferro a distanza opportuna nella linea, per ridurre la suddetta attenuazione.

In realtà, le linee provviste di tali bobine divengono sede di oscillazioni allorché sono percorse da correnti telefoniche. Queste oscillazioni, nell'esperienza presentata dal prof. E. Gillon, vengono assimilate a quelle assunte da una corda vibrante provvista di nodi caratterizzati da masse materiali localizzate. Mettendo tale corda in oscillazione, si osserva che la oscillazione è piccola quando il numero delle masse contenute in una lunghezza d'onda della vibrazione è relativamente grande ($5 \div 10$), mentre risulta cospicua se il numero di masse è relativamente piccolo ($1 \div 2$).

Una lampada a vapore di mercurio, eccitata a frequenza eguale a quella della corda vibrante permette di immobilizzare la immagine di questa, cioè di farla apparire ferma. Modificando leggermente la frequenza di illuminazione della lampada, si vede, per stroboscopia, la corda vibrare assai lentamente.

V. — Sezione dedicata ad applicazioni tecniche e scientifiche varie.

In questa sezione vengono descritte alcune interessanti realizzazioni tecniche e scientifiche, fra cui degne di rilievo: il regolatore statico a thyatron del voltaggio di un alternatore e la navicella stratosferica di Piccard.

a) **REGOLATORE STATICO DEL VOLTAGGIO DI UN ALTERNATORE UTILIZZANTE DEI THYRATRON.** Il regolatore esposto dalla Philips ha lo scopo di mantenere automaticamente, ad un valore rigorosamente costante, il voltaggio di un alternatore, comunque vari il suo carico esterno. Per conseguire tale regolazione, la tecnica moderna impiega il thyatron. Questo (8), come è noto, è un particolare tubo a gas (di solito vapore di mercurio) avente in generale un catodo riscaldato, un anodo ed una griglia. Il thyatron è conduttore in un sol senso, e cioè dall'anodo verso il ca-

(8) Cfr. M. BOELLA. Convertitori statici di c. c. in c. a. ecc. *L'Elettrotecnica*, 1932, pag. 33 a 36.

todo. La griglia però non può interrompere la corrente quando essa si è stabilita. Tuttavia può riprendere la sua funzione di controllo nel caso che la corrente sia interrotta con un mezzo qualsiasi, per esempio con la inversione del voltaggio anodico. Questa inversione avviene, di per se, periodicamente quando il voltaggio anodico è alternativo.

L'alternatore da regolare provvede, per suo conto, ad alimentare il proprio circuito di eccitazione per mezzo di un trasformatore e di un raddrizzatore costituito da due thyatron. Il voltaggio sviluppato dall'alternatore viene applicato ad una delle diagonali di un ponte di Wheatstone, due lati del quale sono costituiti da lampade a filamento di carbone e i restanti due da lampade a filamento metallico. La resistenza delle lampade a filamento di carbone varia in ragione inversa del voltaggio ad esse applicato, mentre la resistenza delle lampade a filamento metallico varia proporzionalmente al voltaggio applicato. Di conseguenza, il ponte può trovarsi in equilibrio solo per un voltaggio impresso ben definito, e si scelgono le lampade in modo che questo voltaggio di equilibrio corrisponda a quello del regime desiderato. La differenza di potenziale raccolta agli estremi della seconda diagonale del ponte è applicata alla griglia del thyatron per mezzo di un trasformatore elevatore. La d. d. p. di tali griglie risulta in fase od in opposizione di fase con quella applicata al ponte a seconda che quest'ultima sia inferiore o non al voltaggio di regime.

In sostanza i thyatron divengono conduttori o non a seconda che l'alternatore sviluppi un voltaggio inferiore o superiore a quello di regime mentre la corrente che essi, mediamente, rettificano è adeguata a quella occorrente per l'eccitazione dell'alternatore stesso.

b) LA NAVICELLA STRATOSFERICA DI PICCARD. La navicella, perfettamente stagna, fu costruita allo scopo di permettere agli esploratori di vivere in condizioni fisiologiche normali anche nell'alta atmosfera; essa è esposta nell'atrio dell'Alberteum di fronte alla Biblioteca Albertina. Consta di una sfera cava di alluminio puro del diametro di m. 2,10, la quale è fatta di 3 fogli di alluminio battuti a mano e poi riuniti con saldatura autogena. Lo spessore dell'involucro è di 3,5 mm. Nove sportelli circolari, ciascuno formato da due dischi di vetro di 7,5 mm di spessore e di 10 cm di diametro, avvolti in caucciù, con una intercapedine di aria di 1 mm di spessore (aria disidratata) provvedono alla illuminazione. Due vani di passaggio di 46 cm di diametro sono provvisti di due chiusure a vite centrale le quali permettono, in caso di pericolo, la rapida apertura della cabina per il salvataggio degli aeronauti con paracadute individuali.

Otto anelli di sospensione sono applicati nell'interno della sfera e terminano in altrettanti sporti di alluminio ai quali è connesso il piano di appoggio in modo da evitare qualsiasi sollecitazione della sfera stessa per effetto del carico interno.

* * *

Questa succinta descrizione alla quale devo ora porre termine per ragioni di spazio non è che una piccola parte di quanto occorrerebbe per dare un'idea completa della Esposizione di Bruxelles. Sarebbe particolarmente utile riferire circa il padiglione dell'Italia, organizzato dal Conte Volpi di Misurata, il quale ha saputo dare una dimostrazione assai efficace della rinnovazione profonda operata dal Fascismo sia in Patria sia nelle Colonie. Ma tutto questo mi porterebbe fuori del campo speciale del Bollettino. Chiudo perciò con la constatazione, che riuscirà profondamente gradita ai lettori, e cioè che l'Italia ha degnamente figurato alla Mostra, e che la scienza delle trasmissioni ha avuto ancora una volta occasione di conseguire un'affermazione luminosa.

ISTITUTO MILITARE SUPERIORE DELLE TRASMISSIONI

Roma, li 31 agosto 1935 - XIII.

dott. ing. DONATO GILIBERTI

1° CAPITANO DEL GENIO S. S. E. G.

Redattore Capo : Ing. UGO TIBERIO.



Vol. XIV. — Anno 1935, XIII/XIV.

INDICE ALFABETICO PER AUTORI

	FASC.	PAG.
GALOTTI F. — Un modulatore per uso di laboratorio . . .	I-II	38
GILIBERTI D. — Proposta di norme per il collaudo dei radiori- cevitoli e dei radiogoniometri (<i>continua</i>) . . .	I-II	52
» — Trasmettitori e ricevitori a poliodi per onde dell'ordine del metro	V-VI	130
GIORGI G. — Le unità elettriche (<i>continuazione e fine</i>) . . .	I-II	1
LATMIRAL G. — Realizzazione dei dispositivi biotron e negatron mediante poliodi	III-IV	97
MADIA G. — Televisione	V-VI	116
PINCIROLI A. — Calcolo dei parametri dell'oscillatore di un ri- cevitore a supereterodina con un solo comando di sintonia	I-II	33
SACCO L. } — Alcune applicazioni del sistema assoluto M. KOCH R. } K. S. Ω	III-IV	61





ISPETTORATO DEL GENIO

DIREZIONE SUPERIORE DEL SERVIZIO STUDI ED ESPERIENZE DEL GENIO

Bollettino radiotelegrafico del R. Esercito

Vol. XIV. — Anno 1935, XIII/XIV.

INDICE GENERALE

	FASC.	PAG.
Le unità elettriche (<i>continuazione e fine</i>) - PROF. G. GIORGI	I-II	1
Calcolo dei parametri dell'oscillatore di un ricevitore a supere- terodina con un solo comando di sintonia. - ING. A. PIN- CIROLI	I-II	33
Un modulatore per uso di laboratorio. - 1° CAP. F. GALOTTI	I-II	38
Proposta di norme per il collaudo dei radioricevitori e dei radio- goniometri (<i>continua</i>). - 1° CAP. D. GILIBERTI.	I-II	52
Alcune applicazioni del sistema assoluto M. K. S. Ω . - MAGG. GEN. L. SACCO e ING. R. KOCH	III-IV	61
Realizzazione dei dispositivi biotron e negatron mediante poliodi.* - ING. G. LATMIRAL	III-IV	97
Televisione. - DOTT. G. MADIA	V-VI	116
Trasmettitori e ricevitori a poliodi per onde dell'ordine del metro. - 1° CAP. D. GILIBERTI	V-VI	130
Recensioni — «Tubi riceventi interamente in metallo». - U. T.	III-IV	107
— «Amplificatore di correnti continue con funziona- mento a scatto reversibile». - G. L.	III-IV	109
— «Recenti studi sulla ionosfera». - R. K.	III-IV	112
— «Progressi nei trasmettitori per frequenze oltre 300 megacicli». - U. T.	V-VI	148
— «Linee concentriche usate come terminali di an- tenne per onde ultracorte». - R. K.	V-VI	151
Cronaca tecnica. — L'adozione del "Sistema Giorgi", da parte della commissione elettrotecnica interna- zionale. - U. T.	III-IV	105
— L'Esposizione Internazionale ed Universale di Bruxelles. - 1° CAP. D. GILIBERTI	V-VI	153
Bibliografie. — C. RIMINI. - Elementi di Radiotecnica generale. - U. T.	III-IV	115
Indice alfabetico per autori.	V-VI	172
Indice generale	V-VI	173



RIVISTA D'ARTIGLIERIA E GENIO

PERIODICO MILITARE MENSILE ILLUSTRATO

Direzione: Via degli Astalli, N. 15 - Roma (117)

Telefoni: Soc. Tel. Tirrena 64 200; militare 2129 - C/o Postale 1/8447

CONDIZIONI DI ABBONAMENTO PER IL 1936-XIV

(LXXV ANNATA)

Comandi, uffici, circoli, enti militari	L. 28,00
Militari ed assimilati	» 23,00
Non militari, in Italia e Colonie	» 46,00
Estero	» 75,00

Ogni fascicolo separato: in Italia L. 5, all'estero Lit. 12;
doppio L. 7, all'estero Lit. 16.

Per la spedizione all'indirizzo privato, aggiungere L. 1 per ogni
fascicolo separato o L. 5 per tutta l'annata.